

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

**«Modelos mentales de célula: una aproximación a
su tipificación con estudiantes de COU»**

**Autor: M^a Luz Rodríguez Palmero
Director: Dr. D. Marco Antonio Moreira**

**Departamento de Didáctica e Investigación
Educativa y Comportamiento**

D° MARCO ANTONIO MOREIRA, Profesor Titular del Instituto de Física de la Universidad Federal de Río Grande del Sur, Porto Alegre (Brasil), y D° JAVIER MARRERO ACOSTA, Profesor Titular del Departamento de Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento, del Centro Superior de Educación, Universidad de La Laguna (España)

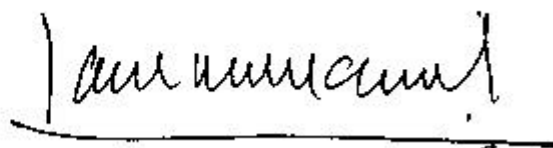
CERTIFICAN: que M^a Luz Rodríguez Palmero, Licenciada en Biología, ha realizado bajo nuestra dirección el trabajo titulado: MODELOS MENTALES DE CÉLULA: UNA APROXIMACIÓN A SU TIPIFICACIÓN CON ESTUDIANTES DE COU.

Revisado el presente trabajo y por entender que reúne las condiciones de rigor científico, originalidad y elaboración requeridas, se estima que puede ser defendido como Tesis Doctoral ante la Comisión que se nombre a tal efecto.

La Laguna, 14 de marzo de 2000.



Fdo: Marco Antonio Moreira



Fdo: Javier Marrero Acosta



UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA E INVESTIGACIÓN
EDUCATIVA Y DEL COMPORTAMIENTO

Centro Superior de Educación
Campus Central, Avda. Universidad s/n
38201 La Laguna, Tenerife
Tfno: 922-319114 Fax: 922-319104

Educativa y del Comportamiento

REGISTRO DE SALIDA

Nº 103

FECHA: 20 de marzo de 2000

Dña. MARÍA DOLORES BAENA CUADRADO, Directora en Funciones del Departamento de Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento de la Universidad de La Laguna,

Autoriza para su defensa y lectura la Tesis Doctoral titulada "**MODELOS MENTALES DE CÉLULA: UNA APROXIMACIÓN A SU TIPIFICACIÓN CON ESTUDIANTES DE COU**" realizada por **Dña. M^a Luz Rodríguez Palmero**, dirigida por el Dr. Javier Marrero Acosta y el Dr. Marco Antonio Moreira .

La Laguna, a 20 de marzo de 1999



Edo.: M^a Dolores Baena Cuadrado

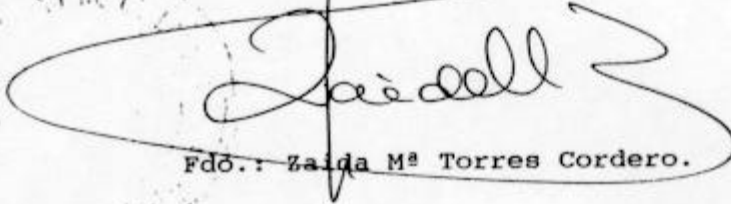


Expte.: 5854

ACREDITACION DE SUFICIENCIA INVESTIGADORA
=====

D./D^a MARIA DE LA LUZ GREGORIA RODRIGUEZ PALMERO ha realizado los 32 créditos preceptivos de conformidad con el Real Decreto 185/1985 de 23 de enero (BOE 16 de febrero de 1985) y normativa complementaria sobre estudios del Tercer Ciclo, dentro del Programa: "DESARROLLO DEL CURRÍCULUM Y CAMBIO EN EDUCACION" del Departamento DIDACTICA E INVESTIGACION EDUCATIVA Y DEL COMPORTAMIENTO de la Universidad de La Laguna.

La Laguna a, 11 de Diciembre, 1998
LA JEFE DEL NEGOCIADO, COMISION DE DOCTORADO


Fdo.: Zaida Mª Torres Cordero.

=====

El Consejo del Departamento DIDACTICA E INVESTIGACION EDUCATIVA..
en su reunión del día 22 de febrero/99 acordó RECONOCER LA SUFICIENCIA
INVESTIGADORA del alumno D./D^a MARIA DE LA LUZ GREGORIA RODRIGUEZ PALME

La Laguna, a 22 de febrero de 1999

EL SECRETARIO,


Fdo.: LUIS FELICIANO GARCIA



A Alejandro, mi padre.

Mi más sincero agradecimiento a tantas y tantas personas que han hecho posible que lo que empezó como un reto personal y casi como una broma, sea hoy un producto, una realidad; sin ellos, con toda seguridad, esto no existiría. Y pensar que he podido contar con ellos y que han estado a mi lado me hace sentir una persona extraordinariamente afortunada. Gracias a todos.

- A Marco, mi maestro y mi amigo. Sin duda alguna, él es el impulsor de esta idea. Muchas veces me he preguntado qué fue lo que hizo que tuviera fe en mi, la fe de empezar (¡y acabar!) un proyecto como éste; ¡y la paciencia! de aguantar mi ansiedad y de apoyarme y animarme en todo momento.
- A Javier, mi más crítica conciencia, mi feroz abogado del diablo; ¡tantos esquemas rotos y preguntas sin respuestas después de nuestras reuniones!. Él y esas intensas y largas discusiones me ayudaron a madurar y a darle forma a este proyecto.
- A mis alumnos, ¡a todos mis enanos!, a aquellos treinta y seis personajillos que soportaron estoicamente y con paciencia todas y cada una de mis locuras durante todo un curso y que son la razón de ser de este trabajo.
- A mi familia, ¡mi gran familia!. Mis padres, Alejandro -donde quiera que estés, pero incluso ahora conmigo- y Genoveva; mis hermanos y sobrinos que han soportado con gran estoicismo también mis ausencias, ¡reales y mentales, otra vez mentales, y afectivas!, mis decepciones, mis enfados; y a pesar de eso, además, me animaban. Y a Genoveva, en especial, a mi hermana; yo creo que ella tiene la culpa de todo. Si no me hubiese contagiado su pasión por la V epistemológica, nada de esto hubiese pasado.
- A José Carlos, a José Aurelio, a Esaú y a Miguel; me descubro ante la Informática y ante su pasión por ella; unos y otra me ahorraron mucho tiempo.
- A Isa; su sabiduría, y saber hacer, ¡junto con una infinita paciencia para soportar una y otra llamada, una y otra vez: ¿cómo se hace esto?!, hicieron de este documento algo atractivo y bonito.
- A Luis; este trabajo es “nuestra” tesis y él mi bastón, mi paño de lágrimas, mi salvación y luz cada vez que no sabía lo que tenía que hacer o dudaba. Antes y después de Marco y de Javier, siempre estaba ahí Luis para ponerme los pies en la Tierra.
- A Cristina, a Lole, a Margarita y a Rosaura, las “maripuris” de ANAMBRO; su empuje y su lucidez hicieron que no abandonara, que siguiera en los momentos más difíciles.
- A Rosa y a Pepe; sus ayudas materiales y no materiales fueron imprescindibles, sus palabras, sus llamadas ¡para controlar el ritmo!, su cercanía en la distancia para impulsar a seguir.
- A Adriana; su calma, su tranquilidad brasileña, sus mimos apuntalaron un alma que más de una vez y muy lejos de casa tenía “saudade”. Y en eso también a Ileana, Sayonara, Fernanda, Isabel, Fernando, María, Adriano, mi equipo, mi querido grupo del IFUFRGS.
- ¿Y qué decir de mis argentinos? A Zulma, a Laura, a Alberto, a Juan Manuel y a Rita gracias por compartir locuras, comprensión, ánimos, esas cosas que hacen que trabajos como éste merezcan la pena. Muy especialmente a Alberto, él lo sabe; ¿hubiese sido lo mismo Porto Alegre esos meses sin su paciencia?
- A Benjamín, Irene, Mario, Raquel y Miguel Ángel, los cinco expertos que tuvieron la estupefacta calma de contestar mis disparatadas preguntas sobre célula.

- A Marisol, su constante sonrisa y su permanente ánimo, apoyo y ayuda hicieron fácil tanto papel, tanta burocracia.
- A Mariló y a Carmina; tenerlas como referente empujaba hacia adelante y daba ganas de terminar, como dice Mariló, de pensar en que si estás haciendo este apartado ¡es porque ya acabaste!
- A Vicente; su ánimo y su constante recuerdo cibernético del verdadero objeto de la tesis, de su disfrute al hacerla, han sido una gran ayuda.
- A José Cabestani; ¡que interés, qué lucha por encontrar lo que no aparecía, por dar con lo que yo necesitaba!
- A Antonio y a Carlos, su apoyo y amistad, sus aportaciones en discusiones académicas. También a Maribel y a Fernando que tanto me han recordado que había que cuidarse y que dosificar los esfuerzos.
- A Rui, a David y a Bob sus enseñanzas de otras lenguas que me permitieron abordar tanta bibliografía y, sobre todo, su tolerancia y su paciencia ante una alumna tan poco aplicada.
- A Cristina, que hace posible lo que parece imposible, que procura y consigue presencias difíciles cuando esto se defiende.
- A Susi, a Lola y a Luisa, a Carlos y a M^a del Mar, a Domingo, a José Carlos y a todos mis compañeros del Instituto; responderles a ¿cómo va la tesis? ¿cómo la llevas? daba ganas de terminarla. En especial a “mi jefa”; ella mejor que nadie sabía, como Doctora lo que supone hacer esto.

ÍNDICE

VOLUMEN I

INTRODUCCIÓN.....	4
-------------------	---

1.- LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA Y LA INVESTIGACIÓN EN EL ESTUDIO DE LA CÉLULA.....	9
--	---

1.1.- El significado de las representaciones y el aprendizaje de la Biología.....	10
1.2.- Aportaciones de la investigación educativa relativas a la enseñanza y aprendizaje de la célula.....	13
1.3.- Algunas conclusiones y alternativas en el estudio de las representaciones en el aprendizaje de la Biología.....	34

2.- MODELOS MENTALES: UNA REVISIÓN.....	41
---	----

2.1.- Aportaciones del constructo “modelo mental” al estudio de las concepciones y representaciones.....	41
2.1.1.- Las representaciones como modelos mentales.....	41
2.1.2.- ¿Por qué modelos mentales?.....	44
2.1.3.- Distintas tendencias y perspectivas en el estudio de modelos mentales.....	47
2.1.4.- Génesis de un constructo. Una síntesis, ¿una teoría?.....	74
2.2.- Un modelo mental construido a partir del discurso de la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird.....	78
2.2.1.- ¿Por qué una teoría de la mente?.....	78
2.2.2.- La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird.....	82
2.2.2.1.- Elementos fundamentales de la teoría.....	82
2.2.2.2.- Modelos Mentales.....	87
2.2.3.- ¿Es una teoría de la mente la Teoría de los Modelos Mentales?.....	104
2.2.4.- Posibilidades y limitaciones de la Teoría de los Modelos Mentales.....	106

3.- MODELOS MENTALES DE LA ESTRUCTURA Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CÉLULA.....	111
--	-----

3.1.- Definición del problema de investigación y objetivos.....	111
3.2.- Una opción metodológica: estudio de casos.....	112
3.3.- Plan de la investigación.....	116
3.3.1.- Contexto.....	116
3.3.1.1.- Contexto del Centro escolar y del entorno.....	117
3.3.1.2.- Contexto curricular.....	118
3.3.1.3.- Contexto pedagógico.....	119
3.3.2.- Los casos.....	120
3.3.3.- Fuentes de datos.....	121
3.3.4.- Procedimiento de análisis.....	124
3.4.- Hallazgos y resultados.....	160

4.- DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE HALLAZGOS Y RESULTADOS. CONCLUSIONES.....	173
---	-----

Conclusiones.....	192
-------------------	-----

5.-BIBLIOGRAFÍA.....	193
----------------------	-----

ANEXO N° 1: ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE LA BIOLOGÍA CELULAR DE COU.....	202
1.-¿Por qué hacer un análisis del contenido?.....	204
2.- ¿Qué modelo aplicamos para analizar el contenido?.....	207
A: Teoría de la Elaboración:.....	213
B: Modelo de organización de la enseñanza desde la perspectiva de la Teoría del Aprendizaje Significativo.....	215
3.- ¿Qué Biología Celular enseñamos? Aplicación de los modelos de análisis y organización del contenido a la célula y a su funcionamiento.	220
A: La célula en la Teoría de la Elaboración.	230
B: La célula a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo.....	234
4.- ¿Cuál es el modelo de estructura y de funcionamiento celular que ostenta la “ciencia formal”?.....	245
5.- ¿Cuáles son las aportaciones más relevantes para la enseñanza y el aprendizaje de la célula derivadas del análisis su contenido?.....	249

ANEXO N° 2: CONTEXTO PEDAGÓGICO	253
Diario de la profesora.....	254
Evaluación de trabajo docente.....	300

ANEXO N° 3: INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN	301
---	-----

ANEXO N° 4: CONTROLES HECHOS EN EL MATERIAL RECOPIADO	328
---	-----

VOLUMEN II

ANEXO N° 5: INTERPRETACIÓN DE VÍCTOR	1
ANEXO N° 6: INTERPRETACIÓN DE ÁLVARO.....	23
ANEXO N° 7: INTERPRETACIÓN DE LAURA.....	49
ANEXO N° 8: INTERPRETACIÓN DE JEZABEL.....	71
ANEXO N° 9: INTERPRETACIÓN DE BIBIANA.....	85
ANEXO N° 10: INTERPRETACIÓN DE AMANDA.....	111
ANEXO N° 11: INTERPRETACIÓN DE ÓSCAR	133
ANEXO N° 12: INTERPRETACIÓN DE NIEVES	155
ANEXO N° 13: INTERPRETACIÓN DE CLARA.....	177
ANEXO N° 14: INTERPRETACIÓN DE REMEDIOS	195
ANEXO N° 15: INTERPRETACIÓN DE BEGOÑA.....	213
ANEXO N° 16: INTERPRETACIÓN DE TAIS	231
ANEXO N° 17: INTERPRETACIÓN DE VIRTUDES.....	251
ANEXO N° 18: INTERPRETACIÓN DE GLORIA	269
ANEXO N° 19: INTERPRETACIÓN DE YANIRA	291
ANEXO N° 20: INTERPRETACIÓN DE MIGUEL.....	313
ANEXO N° 21: INTERPRETACIÓN DE VIRGINIA	335
ANEXO N° 22: INTERPRETACIÓN DE GUSTAVO.....	355
ANEXO N° 23: INTERPRETACIÓN DE JULIA	379
ANEXO N° 24: INTERPRETACIÓN DE JOEL.....	401
ANEXO N° 25: INTERPRETACIÓN DE MARTA	421
ANEXO N° 26: INTERPRETACIÓN DE LORETO.....	445
ANEXO N° 27: INTERPRETACIÓN DE CARLA.....	467
ANEXO N° 28: INTERPRETACIÓN DE ANDREA.....	491

ANEXO N° 29: INTERPRETACIÓN DE SARA.....	515
ANEXO N° 30: INTERPRETACIÓN DE YAIZA.....	541
ANEXO N° 31: INTERPRETACIÓN DE PASCUAL	567
ANEXO N° 32: INTERPRETACIÓN DE CONSTANZA.....	591
ANEXO N° 33: INTERPRETACIÓN DE SAGRARIO	613
ANEXO N° 34: INTERPRETACIÓN DE PASTOR	635
ANEXO N° 35: INTERPRETACIÓN DE ÁNGELES	659
ANEXO N° 36: INTERPRETACIÓN DE GENOVEVA.....	683
ANEXO N° 37: INTERPRETACIÓN DE ESTÉBAN.....	709
ANEXO N° 38: INTERPRETACIÓN DE ALFONSO	731
ANEXO N° 39: INTERPRETACIÓN DE YURMA.....	753

INTRODUCCIÓN

La enseñanza, en general, y la enseñanza de las Ciencias en particular, han sido objeto en los últimos años de numerosas investigaciones que desde diferentes puntos de vista han pretendido aportar luz sobre sus dificultades inherentes, plasmadas básicamente en los procesos y resultados de aprendizaje del alumnado al que iba destinada. La preocupación por la formación científica no es nueva y prueba de ello, como decimos, es la abundante documentación generada al respecto.

La Biología como Ciencia y como contenido escolar no ha escapado a esta creciente preocupación y desde esa doble perspectiva enseñanza/aprendizaje también ha sido objeto de muchas de esas investigaciones. La comprensión de los seres vivos como tales requiere un alto grado de abstracción que habitualmente se trata en las aulas y en los materiales curriculares atendiendo a los niveles de organización de la materia viva, lo que deja para cursos superiores, precisamente por su carácter complejo y abstracto para este nivel de enseñanza, el estudio mínimamente riguroso de lo que constituye su unidad, la célula, cuyo conocimiento y comprensión, como muestran los resultados obtenidos en esas indagaciones, resultan cruciales y, por lo que se ve, escollos en toda la construcción del conocimiento biológico, de la materia viva como tal. Curiosamente, como se mostrará más adelante, siendo así, resulta llamativo que se haya detectado que es la célula un concepto fundamental, clave, estructurante de ese conocimiento en múltiples trabajos que no la tienen como objeto de su estudio y que, sin embargo, sea tardía la aparición de investigaciones específicamente destinadas al mismo.

La ausencia de comprensión del comportamiento de los seres vivos o, en el mejor de los casos, su deficiente asimilación, es constatada no sólo por los datos que esa investigación aporta, sino también por parte del profesorado del área que así lo vive y manifiesta. Y como lo que se pretende de la enseñanza de la Biología es, como es lógico, que esa comprensión de la materia viva se adquiera, se justifica de este modo, no ya la importancia, sino la necesidad de abordar investigación específica sobre el tema que aporte elementos de reflexión y posibilidades de modificación que supongan la consecución de ese sano y loable objetivo educativo. Desde esta perspectiva, se reclama investigación, como vemos, indagación concreta sobre los problemas de aprendizaje que muestra el alumnado relativos a los seres vivos, en general, y a la célula como su unidad, en particular, una investigación que sea utilizable, práctica, real, aplicable a esos problemas concretos de docentes y discentes concretos, en aulas concretas; se demanda, pues, un acercamiento de esos investigadores y de esos resultados a lo que son las dificultades cotidianas de un sistema de enseñanza/aprendizaje, a esos alumnos y profesores que son los que quieren y necesitan superarlos.

Estos problemas, ya se ha dicho, no son nuevos; han sido objeto en los últimos años de muchos análisis, han propiciado variadas “soluciones”, han generado interesantes debates, han supuesto conocimiento. Y ese conocimiento ha conducido a la consideración de la vital importancia que tiene en esos procesos de aprendizaje “el conocimiento previo” que el alumno trae al aula, sus concepciones. Una vez admitida como premisa básica la importancia de esas concepciones -lo que supone una consideración o filosofía constructivista del aprendizaje- nuevamente nos encontramos ante distintas posibilidades, diferentes enfoques, evolución, en suma, que, en un primer momento, se preocupó de esas ideas previas como catálogo, como diagnóstico del

conocimiento del alumno para, con estrategias más o menos simples, conseguir el cambio conceptual que se esperaba. Como los resultados no fueron tan buenos como se pensaba, como no era tan fácil conseguir ese cambio conceptual, se han tenido que buscar otros referentes, se ha tenido que replantear mucha investigación, se ha tenido que recurrir a análisis más profundos que desembocan en el estudio de las representaciones como entidades mentales que median entre el sujeto y el contenido que la escuela le ofrece para su aprendizaje. Se ha llegado, pues, a la Psicología Cognitiva, a buscar explicaciones que justifiquen las respuestas de los estudiantes desde el punto de vista de los procesos cognitivos que generan. El tratamiento descriptivo de las concepciones no era suficiente; su conocimiento no posibilitaba la elaboración de estrategias más eficaces que propiciaran el consabido y deseado cambio conceptual, un cambio que en lo relativo a célula no se daba. Y es que no era tan inmediato. Esas representaciones constituyen estructuras muy sólidas, auténticos modelos de trabajo que, con toda seguridad, influyen directamente y condicionan las respuestas que el alumnado da al respecto y, por ello, su conocimiento como sustratos mentales es, evidentemente, crucial en aquellos procesos de aprendizaje que nos preocupan y que, como docentes, pretendemos.

La presente investigación es, por tanto, una necesidad profesional, un intento de buscar explicaciones a y para esos problemas de aprendizaje que los jóvenes manifiestan cuando trabajan con un contenido tan vital y tan apasionante como es la célula, problemas detectados y vividos durante años como docente y cuya solución o, cuanto menos, intento de acercamiento se cree que está en las estructuras cognitivas que ponen en juego, en su forma de captar el contenido que la escuela les ofrece. Es, por lo tanto, una reclamación desde el aula y para el aula porque se parte del convencimiento de que el conocimiento que se genere al respecto podría repercutir positivamente en la determinación de los elementos claves de esos procesos de aprendizaje que, así, podrían planificarse atendiendo a lo que se infiere que la mente humana pone en juego en ellos. Lo que se está buscando es explicar la forma según la cual los estudiantes perciben y conciben la célula, así como la forma en función de la que responden ante la misma como concepto; ¡eso es mental!, está en sus cabezas y en ellas no nos podemos meter, lo que nos lleva a inferir cómo puede ser todo eso posible. ¡Eso es lo que nos interesa como docentes y como investigadores!: *poder explicar e interpretar cómo ven la célula, cómo la comprenden* para, sobre eso, “a posteriori”, procurar un acercamiento entre su representación y el conocimiento celular científicamente aceptado. Ése es el objeto del presente trabajo, una indagación exploratoria relativa a un aprendizaje concreto -la célula- que es altamente estructurado para el nivel que nos ocupa. Queremos explicaciones al respecto y eso sí que tiene fundamento y sentido en la práctica pedagógica, ya que se trata de averiguar cómo adquieren los alumnos esos conceptos complejos. Explorar estas cuestiones a la luz de teorías recientes es legítimo como lo es, también, la aspiración y la duda de que esta línea de trabajo pueda dar sus frutos. Se trata, pues, de una aproximación, de una apuesta con la que pretendemos ver su alcance, sus posibilidades, lo que nos ofrece como respuesta a las preocupaciones planteadas y si eso es aceptable y suficiente o no para la comprensión del conocimiento del alumnado.

Esas representaciones pueden, de nuevo, ser analizadas desde diferentes perspectivas. Esos mismos productos pueden ser interpretados de distintas maneras. Esos mismos procesos pueden inferirse bajo múltiples posibilidades. El presente trabajo opta por una de ellas: Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (1983) porque

se ha mostrado consistente, correspondiente y robusta como tal para dar cuenta de lo que se necesitaba y de lo que se buscaba, que no es más que una aproximación exploratoria que pueda aportar alguna comprensión sobre la adquisición de esos conceptos tan complejos y altamente estructurados para este nivel educativo, como la célula, que el currículum formal ha incorporado. Esta teoría que supone el referente teórico de la presente investigación resultó comprensible, plausible y fructífera para los fines propuestos, lo que justifica su elección.

Y, como ya se ha expuesto, se trata de un proceso de interpretación, de un intento de buscar explicaciones sobre lo que estos jóvenes han podido haber pensado cuando hacían lo que nos han dado como producto. Es un proceso deductivo, es interpretativo, es cualitativo; no interesa la cantidad, interesa la calidad, la forma, el estilo, lo que se exterioriza y cómo se exterioriza. Obligó esto, por tanto, a buscar elementos comunes, rasgos distintivos, posibles comparaciones. Nuestro compromiso en este aspecto lo hemos adquirido con un paradigma de investigación cualitativa porque queremos comprender el significado y el sentido del aprendizaje escolar. Esta decisión no es trivial; no es simple ni fácil llevar a cabo investigación educativa desde la propia aula siendo el propio docente el titular, al tiempo, de la investigación y de la asignatura. Nuevamente cabe apelar a esa necesidad porque fue así como surgió todo esto. Pero lo cierto es que las condiciones actuales de trabajo no potencian experiencias como la plasmada en el presente informe y no fomentan ni forman al profesorado para ello. En todo caso, se sentía impotencia y desencanto ante los resultados de los aprendizajes relativos a la célula y, también, preocupación ante ellos, dada la importancia de dicho contenido en la conceptualización biológica, así como insatisfacción ante la falta de respuestas en la bibliografía al respecto; se buscó una explicación teórica, un marco de referencia en el que, evidentemente, se cree y que se considera convincente para dar con las respuestas que no se encontraban; y se planificó, consistentemente con ello, un método, una forma, un protocolo que diera como resultado esas respuestas que se pretendían. Sentir, pensar y hacer, de acuerdo con Novak (1977), están detrás del engrandecimiento humano porque sentir, pensar y hacer subyacen a todo proceso de construcción de conocimiento, un conocimiento que, como todos, responde a aquello que nos cuestionamos, a una pregunta que lo articula. ¿Y cuál es, en este caso? ¿A qué se ha querido dar respuesta?. Nuestra cuestión-clave, nuestro interrogante, nuestra finalidad es responder a:

¿Qué modelos mentales generan los estudiantes de COU cuando aprenden la célula?

Las páginas siguientes pretenden dar cuenta de ello aportando todo lo que ha sido el proceso de investigación y las conclusiones que el mismo ha generado, un conocimiento que se espera haber construido y aportado como resultado del mismo. Para ello se expone un primer capítulo destinado a una revisión bibliográfica que no se circunscribe solamente al ámbito de la investigación educativa en la célula, sino que incluye trabajos de otra naturaleza que dan idea, por una parte, de la evolución seguida en la misma y, por otra, del tratamiento recibido, así como de las tendencias en las que se orientan. De la misma se deriva la necesidad de abordar el estudio de las representaciones desde el punto de vista de la psicología cognitiva, ya que en este terreno la investigación se ha mostrado insuficiente.

En el segundo capítulo se atiende a la fundamentación teórica, al “pensar”, en suma, a la justificación de la opción teórica en la que se apoya la presente indagación.

En una primera parte, se desarrolla una revisión sobre lo que la bibliografía ofrece en relación con la consideración de las representaciones como modelos mentales, revisión que de ningún modo pretende ser exhaustiva sino solamente una muestra que conduce a contemplar perspectivas y tendencias. Frente a ese abanico, en la segunda parte del capítulo se opta por un referente concreto, la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird, que se presenta con objeto de delimitar los aspectos teóricos y conceptuales que la guían, de manera que se facilite la comprensión de su aplicación a situaciones habituales de aula y de las producciones y verbalizaciones que en ella se generan.

El tercer capítulo es la investigación en sentido estricto, es el “hacer”; se delimita, por tanto, el objeto de la misma, se relacionan sus objetivos, se presenta y justifica la opción metodológica, se describe el contexto (en sus diferentes aspectos) y se presentan los registros utilizados, el esquema de análisis desarrollado y los resultados y hallazgos obtenidos. La discusión que ello genera, así como las conclusiones se plasman en el capítulo cuarto.

El siguiente espacio se refiere y dedica a la bibliografía consultada y necesitada para llevar a cabo el trabajo que se comenta en este informe.

Se presentan, así mismo, treinta y nueve anexos de naturaleza diferente. El primero de ellos responde a un análisis del contenido trabajado llevado a cabo por un doble motivo; en primer lugar, informa acerca de la contextualización curricular, dando cuenta de una organización de la asignatura que no es la habitual (que, como se recordará, atiende a los niveles de organización), lo que hizo necesario abordar esta tarea. En segundo lugar, se decidió su inclusión porque cabe la posibilidad de que dé pistas en la interpretación de los materiales recopilados de los estudiantes.

El segundo anexo presenta el diario de sesiones de clase de la profesora y los resultados de una encuesta anónima de evaluación de su trabajo cumplimentada por el alumnado, como formas de comunicar y aportar la información pertinente relativa al contexto pedagógico; se ha considerado necesaria su inclusión porque es información contextual que facilita la interpretación y la comprensión de la experiencia seguida, pues plasma de qué manera se vivió.

El anexo número tres incluye todas y cada una de las fuentes de recogida de información utilizadas como registros y analizadas en todos y cada uno de los estudiantes (con las salvedades comentadas en su momento). Su lectura permitirá entender los comentarios realizados sobre los sujetos de la investigación en las interpretaciones correspondientes.

El anexo número cuatro presenta una serie de tablas en las que se muestran las contrastaciones hechas, por una parte, por la propia investigadora en dos momentos distintos del proceso y, por otra, entre un juez externo y la investigadora; el objeto de dichas contrastaciones es valorar la consistencia del esquema de análisis planificado y seguido.

Los treinta y cinco anexos restantes dan cuenta de la interpretación desarrollada sobre las producciones y verbalizaciones obtenidas de los estudiantes que son los protagonistas de la presente indagación (se presenta uno como ejemplo en el capítulo

tres) y, para hacerla posible, de todo el proceso seguido en todos y cada uno de ellos. Es, por lo tanto, el material sobre el que se aplica lo que esta tesis supone y la fuente de la que derivan los datos y hallazgos obtenidos.

1.- LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA Y LA INVESTIGACIÓN EN EL ESTUDIO DE LA CÉLULA.

La investigación en enseñanza de las Ciencias ha desarrollado en los últimos años una actividad espectacular. El conocimiento producido en este ámbito es lo suficientemente coherente y consistente como para que podamos hablar de la emergencia de una nueva disciplina. Pero el desarrollo que dentro de la misma han tenido las diferentes asignaturas tradicionales que componen “la Ciencia” ha sido muy desigual. Lucas (1986), Jiménez (1987) y Serrano (1987) coinciden en señalar que existe una diferencia importante entre los campos físico-químico y biológico en lo que se refiere a estudios y a investigaciones realizadas relativas a representaciones, concepciones, ..., así como a procesos de enseñanza/aprendizaje en el ámbito de las Ciencias Naturales (Biología y Geología) frente a la Física y a la Química. “*En comparación con la Física y la Química, es sorprendente que tan pocos conceptos biológicos hayan sido investigados desde el punto de vista de la comprensión que los alumnos traen al estudio de la Biología*” (Lucas, 1986, pág. 194). El propio Lucas expone una explicación relacionada con “... *la manera en que los estudiantes manejan los complejos conceptos de segundo orden que caracterizan en gran parte la Biología*” (op. cit., pág. 197), cuando se cuestiona si es aplicable al aprendizaje de la Biología que el alumnado opere en dos niveles, uno formal y otro informal, tal y como Solomon (1983, citada por Lucas, ibid.) y otros proponen. Para Lucas, esta pobreza de referencias bibliográficas en enseñanza de la Biología “... *es posible porque es mucho más difícil preparar una situación biológica que se pueda investigar*” (op. cit., pág. 194).

La bibliografía consultada justifica la dificultad inherente a la Biología, y consecuentemente a su enseñanza, para abordar los aprendizajes desde una perspectiva manipulativa en muchos casos, como se propone en la enseñanza de la Física o de la Química. Está claro que es más accesible y asequible modelizar o simular un circuito, un movimiento o hacer una reacción química que conseguir lo propio con procesos vitales. El uso de modelos, de leyes, de teorías hace que en la mayoría de los casos esa manipulación sea del todo imposible. Si tenemos en cuenta el contenido objeto de revisión en el tema que nos ocupa es evidente esa imposibilidad de que el estudiante manipule ¡con células!. La actividad experimental, cuando pretendemos un conocimiento actualizado de la célula y de su funcionamiento, conocimiento dependiente de la microscopía electrónica, es impensable e irreplicable; el recurso único es la microfotografía (fotografía de microscopía electrónica), la interpretación de imágenes, el planteamiento de analogías y de modelos, etc. Por otra parte, y aunque habitualmente no se contemple de esta manera en los libros de texto y en las estrategias de intervención en el aula, eso es, también y cómo no, producción de conocimiento científico.

La célula es un concepto clave en la conceptualización y en la organización del conocimiento biológico. Es una entidad compleja y abstracta que se construye en las mentes de nuestros estudiantes, en su conocimiento, a partir del discurso y que se construye como tal entidad compleja y abstracta si bien es cierto que es una entidad física, real, que existe en ese mundo físico. Y es una entidad que determina la estructura y el funcionamiento de todo el mundo vivo; condiciona, por tanto, su comprensión, su interpretación, la representación que del mismo se haga en esas mentes como intermediaria entre ese mundo vivo y el sujeto que pretende acercarse a él para entenderlo y aprehenderlo. Las dificultades de comprensión y de interpretación de ese

mundo vivo en función de los problemas de conceptualización relativos a la estructura y al funcionamiento celular se han puesto de manifiesto claramente en abundantes trabajos (dentro de lo que cabe en comparación con los realizados en el ámbito de la Física y la Química, como ya se ha comentado) destinados a investigar las representaciones del alumnado en distintos aspectos de la Biología, así como cuestiones relativas a su aprendizaje, si bien es cierto que resulta llamativo que en la mayoría de ellos se haya detectado como escollo fundamental este concepto-clave, la célula, y que sea éste el objeto de estudio directo y específico en pocas de esas investigaciones que, además, son relativamente recientes en el tiempo.

Una vez que Ausubel (1968) plantea la importancia que tiene el conocimiento previo del alumno en los procesos de enseñanza/aprendizaje, haciéndonos saber que es requisito indispensable para que pueda aprender significativamente, comienza en la investigación educativa una enfervorecida ebullición que da como resultado abundantes publicaciones sobre ideas previas, ideas alternativas, errores conceptuales, concepciones, “ciencia alternativa”, en definitiva, alrededor de los años 70, trabajos, todos ellos, que tenían mucho de descripción, de catálogo, que en la década siguiente dieron paso a la planificación de estrategias tendentes al consabido y no conseguido cambio conceptual (Moreira, 1999). Esa resistencia al cambio nos hizo ver que aquellas concepciones, ideas previas, etc., tienen una serie de características, de atributos que deben ser tenidos en consideración en los procesos de aprendizaje y que guardan relación con su carácter autónomo, implícito, funcional, coherente, que no son tan fácilmente describibles y que no son tampoco tan fáciles de explicar y de modificar. Se trata de formas con las que el individuo interactúa con la realidad. Así, poco a poco, surge para “esas cosas” una nueva consideración como “representaciones”, dando con ello un carácter más cognitivo a “aquello que el alumno ya sabe”. Y desde esta perspectiva, los trabajos consultados justifican la necesidad de abordar el estudio de las representaciones que el alumnado tiene y construye relativas a la célula y a su funcionamiento, así como la forma en la que esos modos de representación evolucionan, como requisito indispensable para entender el funcionamiento de los seres vivos como tales, incluyendo un ser vivo unicelular.

1.1.- EL SIGNIFICADO DE LAS REPRESENTACIONES Y EL APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA.

Como ya se expresó,

“Hoy sabemos que la cabeza de ese alumno no es una tabla rasa en donde pueden ser “colocadas” informaciones, de forma arbitraria. De una manera o de otra, cualquier información nueva que una persona recibe interactúa con aquello que ya sabe y el producto de esa interacción, resultante en nuevos significados, podría ser definido como aprendizaje. Es por esta razón que conocer cómo las personas re-presentan internamente el mundo en el que viven y cómo re-presentan las informaciones que reciben resulta esencial tanto para saber lo que es la cognición como para elaborar estrategias instruccionales que faciliten el aprendizaje”. (Greca, 1999, pág. 3).

Si de representaciones es de lo que hablamos -y es ésta la etiqueta que usamos para significar todo ese conocimiento que el alumno trae al aula y que es tan complejo

y tan difícil de modificar-, será conveniente que aclaremos cuál es hoy su significado. Para ello valdrá, como definición de bolsillo (Greca, 1999) que entendamos como *“representación cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que representa (vuelve a presentar) algún aspecto del mundo externo o de nuestra imaginación, en su ausencia”* (Eysenck y Keane, 1991, pág. 202). Esas representaciones pueden ser internas o externas. Las que nos interesan y preocupan son las internas, las que genera la mente humana y a partir de las que, como Ausubel sentenció, se aprende porque *“los individuos perciben, piensan y actúan sobre el mundo basándose en las representaciones mentales que tienen sobre él”* (Greca, 1999, pág. 5). Ésa es la razón que justifica el estudio de las representaciones desde otra perspectiva más referida a la mente. Hablamos de representaciones como de aquello que caracteriza al individuo cognitivamente, al sujeto de la psicología cognitiva, porque son entidades mentales, *“algo que está efectivamente organizado, y cuyo modo de intervención no puede explicitarse con descripciones de intercambios bioquímicos, fisiológicos, etc., sino de formas de reconocimiento y representación”* (Rivière, 1987, pág. 27).

Los resultados y las reflexiones que se muestran en la bibliografía consultada han generado el cuestionamiento de si puede o no aprenderse la estructura y la fisiología celular como contenido escolar y, consecuentemente, han planteado la duda de si puede o debe enseñarse. Desde nuestro punto de vista, éste no es el problema fundamental; la cuestión clave es que seamos capaces de determinar cuáles son los modos de representación que los estudiantes manejan, independientemente de la edad, ya que sabemos que incluso en etapas relativamente tempranas de escolarización se tienen esos modos de representación contruidos, bien por percepción (poco probable en lo que a célula se refiere) o bien por el procesamiento de la información que se les facilita; y, básicamente, que podamos hacer evolucionar esas formas de representación.

La estructura y el funcionamiento de la célula resulta un contenido complejo y problemático de cara a su enseñanza y a su aprendizaje. La representación que del mismo se hace no responde al conocimiento científico aceptado y ello tiene consecuencias en el entendimiento y la comprensión del funcionamiento de los seres vivos, necesitándose, por tanto, más investigación al respecto. Evidencias de esta necesidad pueden encontrarse en la revisión de la literatura realizada; como puede comprobarse, y como la experiencia docente constata, son muy significativos y extraordinariamente resistentes al cambio o, cuanto menos, a una diferenciación del sistema de referencia formal/no formal, muchos de los errores y concepciones que ahí figuran.

La forma en la que se ha tratado el estudio de las representaciones en este tema ha sido escasa y difícil. Sigue esquemas básicamente descriptivos, y, además, es insuficiente en términos prácticos en lo que a su aplicación a los procesos de aprendizaje se refiere. Habrá que buscar otra forma de estudiarlas y de trabajarlas, a través de otros instrumentos que resulten más fiables y aplicables de manera más eficaz a la enseñanza de la Biología, en general, y de la célula, en particular. La cuestión de fondo se centra en que seamos capaces de facilitar a los estudiantes la integración de esos dos sistemas de referencia escolar/no escolar, de ayudarlos a interiorizar todos aquellos conceptos biológicos que para ello tengan que poner en juego.

*“Los <<conceptos>> tal como nosotros los reconocemos, son a la vez el producto y el proceso de una actividad de construcción mental de la realidad”.
... “Podemos decir también que los conceptos no son simples imágenes o*

representaciones mentales, son más bien índices de un modelo, un tipo de discurso intelectual, en respuesta a un problema o a una serie de problemas”. (Giordan, 1987, págs. 106/107).

“Estas ideas intuitivas se consideran algo más que una explicación improvisada del individuo. Se las trata como estructuras mentales (Champagne, 1980) que dan al sujeto una visión coherente de las cosas desde su perspectiva”. (Serrano, 1987, pág. 182).

Estas citas muestran que, efectivamente, como ya se había comentado, las representaciones constituyen un elemento fundamental para la enseñanza y para el aprendizaje si éstos se contemplan desde una perspectiva constructivista. Pero esas representaciones, también lo hemos dicho, no constituyen un fin en sí mismas. *“El estudio de las representaciones de los alumnos no sirve de mucho si de sus resultados no se derivan consecuencias que orienten las tareas de clase del profesor”.* (Banet y Núñez, 1990, pág. 109). Y es precisamente esto lo que criticamos. Quizás hemos sido excesivamente simplistas al considerar las representaciones como superficiales sin percatarnos de que constituyen auténticas estructuras explicativas, sistemas extraordinariamente coherentes, auténticos modelos de trabajo. Arcá y Guidoni (1989) exponen diferentes acepciones relativas a “modelo”. En todas ellas, y es lo que quisiéramos destacar, comentan el papel que estos modelos ejercen en el control de los significados. Esas representaciones son, como se ha expresado, entidades mentales con las que se percibe, se piensa y se actúa en el mundo, con las que se le atribuye significado a ese mundo; son elementos cognitivos con los que se procesa la información que se recibe y, consecuentemente, no son fácilmente detectables ni muchísimo menos, fácilmente describibles.

Dificultades como : *“No se llega a entender bien cómo funciona un ser vivo en función de sus unidades celulares”* (Caballer y Giménez, 1992, pág. 173) o *“ ... un mejor conocimiento del funcionamiento bioquímico celular contribuye a la comprensión de la célula como ser vivo y como integrante de los organismos más complejos y, por lo tanto, de las relaciones entre estructura y función que se deriven”* (op. cit., pág. 177) muestran que efectivamente existen modelos construidos y que se construyen para interpretar la realidad, independientemente de que sean correctos desde el punto de vista científico. Como vemos, es una realidad que en este caso resulta muy difícil de aprehender dado su carácter abstracto, difícilmente observable y poco cotidiano para los jóvenes pero de aplicación inmediata para poder comprenderse a sí mismos como seres vivos. *“Sólo un modelo complejo de la respiración, absorción y digestión, difusión y circulación, excreción, ... a nivel tanto celular como de organismo, puede explicar los rasgos generales de la vida”.* (Arcá y Guidoni, 1989, pág. 165).

“Un modelo complejo ...”, necesitamos construir en nuestras mentes modelos y esos modelos, para que nos permitan interpretar la realidad, necesariamente son complejos. Queremos que nuestros estudiantes construyan modelos de representación para interpretar la realidad y esa realidad es compleja, en nuestro caso, abstracta y compleja -un contenido altamente estructurado-. Les presentamos una nueva información (¡abstracta y compleja !) que interacciona con sus modelos complejos con la intención de que se hagan aún más complejos e interpretativos. La única manera de conseguir todo esto será a través de complejos métodos de indagación que nos permitan construir modelos sobre la forma de interpretación de la información que les facilitamos y su construcción de la realidad, -de su mundo-, su forma de representarla, de manera

que alcancemos el fin último de la educación científica que consiste en generar en esos individuos explicaciones científicamente coherentes con la comprensión de ese mundo. Ello requiere, sin ningún género de dudas, nuevas formas, nuevos referentes, una redefinición, como hemos visto, del propio concepto de conocimiento que el alumno trae al aula en términos de representación, una entidad tan compleja como la propia mente que la genera, lo que justifica también la complejidad de su investigación.

1.2.- APORTACIONES DE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA RELATIVAS A LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA CÉLULA.

La célula ya se ha expresado que es un concepto de difícil comprensión por parte del alumnado y es un concepto básico, estructurante, en la concepción biológica, un concepto que se reconoce y que se representa mentalmente y que se reconoce y que se representa, efectivamente, pero de manera no aceptada científica y contextualmente. La afirmación precedente se pone claramente de manifiesto al observar los resultados y las conclusiones que al respecto se han elaborado en investigaciones de diferente naturaleza, y desde distintas perspectivas teóricas y enfoques, que han abordado el conocimiento biológico y sus problemas de aprendizaje. Con objeto de extraer una visión de conjunto al respecto, se ha llevado a cabo una revisión de algunos de esos trabajos y propuestas que, de ninguna manera, ha pretendido ser exhaustiva, sino simplemente aportar un marco de referencia en el que ubicar la investigación posteriormente desarrollada; algunos de esos trabajos han tenido como objeto específico la célula, pero se han incluido otros que dan idea de las tendencias y de las interacciones que se producen con otros campos de investigación que se han mostrado pertinentes.

Así, se analizan cuarenta y nueve trabajos de investigación en sentido estricto, en los que se han usado como criterios de análisis: objeto, muestra, instrumento, resultados relevantes, conclusiones relevantes; se ha elaborado una tabla (tabla nº 1) con la información obtenida en la que su disposición es cronológica (y alfabética dentro de cada año por la dificultad de localización de fechas exactas) porque se entiende que este extremo es igualmente informativo con respecto a las tendencias antes comentadas, razón por la que, como ya se expresó, se incluyen algunos no específicamente “celulares”.

Tabla nº 1: Relación de investigaciones analizadas.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Reid, D. J. y G. J. A. Miller. 1980	Efecto del color sobre las observaciones de fotografías de los libros de texto de Biología en los niños; su influencia en la legibilidad de un texto.	163 alumnos de 13/14 años divididos en dos grupos (uno con fotografía en color y otro con fotografía monocroma). (estudio piloto previo con 53 alumnos).	Cuatro fotografías coloreadas y monocromas para su descripción e interpretación por parte de los alumnos.	<ul style="list-style-type: none"> Las fotos en color produjeron puntuaciones más altas que las monocromas en su interpretación. El color realza el poder de observación en lo que se refiere a la habilidad para la interpretación incluso de la complejidad de lo representado pero no en todo el rango, pues ese color es capaz de compensar esa habilidad sólo bajo ciertas circunstancias. Se observa influencia de la forma humana en los dibujos sobre estrategias de observación de los niños. No sólo el color funciona como distractor sino que también 	<ul style="list-style-type: none"> No parece suficiente la asunción de que los dibujos en los materiales editados hagan más fácil la comprensión de los alumnos. La complejidad de la fotografía parece inhibir la observación y presumiblemente el entendimiento; podría considerarse como un elemento en la legibilidad de los materiales escritos. Los profesores pueden considerar los dibujos como universalmente eficaces debido a la equivocación de la diferencia entre habilidad de los niños para comprender el significado del dibujo y su

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				<p>puede hacerlo la presencia de formas humanas.</p> <ul style="list-style-type: none"> La manera en la que se organiza el dibujo, y esto incluye complejidad y color, es lo que controla el grado de significado que el niño puede extraer del mismo. Los niños de diferentes habilidades se benefician de distintos grados del uso del color y esto es en parte controlado por la complejidad del dibujo. El color puede actuar como un distractor que fija la atención en rasgos menos significativos biológicamente. La habilidad para extraer significado de los dibujos es dependiente de la edad y de la habilidad y los 12 años marca la interfase de los estados piagetianos para que estas operaciones sean significativas. 	<p>habilidad para recordar su contexto visual.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se cree que el material gráfico se recuerda de manera diferente al material lingüístico. Mirar los dibujos de un texto de Biología no es un proceso pasivo pues se comienzan a hacer inferencias sobre sus observaciones de unos u otros aspectos. El recuerdo es un importante proceso como interpretación inicial de significado y los mecanismos pictóricos son más poderosos que los verbales al respecto. Sólo cuando el entendimiento máximo del significado ha sido extraído de un dibujo, el atributo poderoso del mismo de ayudar en la memorización visual es equivalente y duradero.
Johnstone, A.H. y Mahmoud, N. A. 1980	Medida de la percepción del grado de dificultad de los tópicos incluidos en el plan de estudios de Biología.	167 estudiantes de 1º año de licenciatura; 166 niños de enseñanza no universitaria; 50 profesores.	<ul style="list-style-type: none"> presentación de una lista de 15 tópicos para determinar cuatro grados distintos de dificultad. Contrastación con: informe de examinadores, cuestionario de profesores y discusión con inspectores y conferenciantes de universidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Las áreas de máxima dificultad fueron: transporte de agua en organismos, conversiones de energía en fotosíntesis y respiración, ATP/ADP, genética, mecanismos de evolución. El análisis de 8 años de examen determina como áreas más débiles: anatomía animal y vegetal, ecosistemas, genética, relaciones de agua en los organismos, enzimas, fotosíntesis y respiración, almacenamiento de energía y conversión, mecanismos de evolución. Se observa similitud en los temas con respecto a las respuestas de niños y estudiantes. Los temas de mayor dificultad, desde la perspectiva de los docentes, son: ósmosis y control de agua en los organismos, energía química-ATP/ADP, química de la fotosíntesis y de la respiración, mecanismos de evolución, genes. Las conversaciones informales con inspectores y con conferenciantes dan la mayor dificultad a las relaciones del agua en los organismos y a las consideraciones de energía en la construcción y destrucción de alimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> La fuente de datos más informativa ha sido el punto de vista de los alumnos. La dificultad de la percepción de un tópico por los niños será la principal fuente en su habilidad y deseo para aprenderlo. Una materia fácil para el profesor influye en la percepción de los alumnos de su grado de dificultad para el aprendizaje de la misma. En casos de disparidad entre alumnos y profesores, el punto de vista de los primeros fue más importante para investigadores y planificadores del currículum. Se deduce de los datos una alta coincidencia en asignar dificultad grande a contenido relativo a la complejidad del funcionamiento celular.
Finley, F. N.; Steart, J. y Yaroch, W. L. 1982	Identificación de los problemas prácticos en la intersección profesor, materia y alumno. Medida de la importancia y la dificultad de diferentes contenidos de Ciencias	10 profesores de cada área para elaboración de cuestionario. 100 profesores de cada área.	4 cuestionarios (Ciencias de la Tierra, Biología, Química y Física); 50 ítems con dos valoraciones: importancia y grado de dificultad de aprendizaje.	<ul style="list-style-type: none"> En Biología: fotosíntesis, mitosis/meiosis, respiración celular, genética mendeliana y teoría cromosómica de la herencia se encontraron difíciles e importantes para el aprendizaje de los alumnos. Otros aspectos, además de los reseñados, que también guardan relación con la genética se encontraron difíciles para su aprendizaje. (No se relacionan los tópicos de las otras áreas investigadas). Para cada uno de los tópicos problemáticos y difíciles obtenidos hay algunos precedentes de la 	<ul style="list-style-type: none"> El funcionamiento celular, que implica múltiples y complejos conceptos, se considera importante y difícil, por lo que debe tratarse (como en las otras áreas) de forma nueva. Es casi imposible determinar cómo los grupos de estudiantes están funcionando cognitivamente si los investigadores no conocen cómo interactúan individualmente con el contenido de la ciencia en sus cursos. La información que los investigadores suministrarían a los profesores de ciencias es como

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
	de la Tierra, Biología, Química y Física.			<p>investigación educativa en ciencias relativos a concepciones de los alumnos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Las técnicas usadas se basan en entrevistas clínicas (piagetianas); se ha obtenido con ello una descripción del conocimiento correcto, incorrecto o ausente en los alumnos. 	<p>sigue:</p> <ul style="list-style-type: none"> A) línea de información de concepciones, errores conceptuales y concepciones ausentes que puedan traer los alumnos a clase. B) errores conceptuales comunes que desarrollan como resultado de la instrucción. C) indicaciones de la exactitud con la que las concepciones son especialmente difíciles para aprender. D) indicaciones de las concepciones que son especialmente importantes en el desarrollo de una completa comprensión del contenido.
Brumby, M. N. 1982	Principales cuestiones que forman la base del concepto de vida.	2 cursos completos de 1º año de Biología (Universidad). (52 personas).	<ul style="list-style-type: none"> cuestiones escritas de lecturas – en la 1º semana. Tareas entrevistadas – problemas pensados en voz alta y grabados –3 semanas siguientes. 	<ul style="list-style-type: none"> Se observa ausencia de respuestas que contengan principios de experimentación científica. Se usan básicamente las 7 características para explicar vida (crecimiento, reproducción, respiración, nutrición, excreción, irritabilidad, locomoción). Incluso después de años de Biología en la escuela secundaria, la percepción de los estudiantes de vida es claramente antropocéntrica. La dependencia esencial de los organismos vivos de las transformaciones de energía fue minoritariamente argumentada; no se mencionó el DNA ni replicación molecular. 	<ul style="list-style-type: none"> El uso de las 7 características parece más propio de escuela primaria que del conocimiento estudiado en niveles superiores. Parece que la mayoría de los estudiantes no ha integrado su aprendizaje de fotosíntesis, cadenas de alimentación y nutrición en una comprensión general de los flujos de energía en la biosfera. Las observaciones sugieren que la mayoría de los alumnos han aprendido de memoria características de cosas vivas, no habiendo referencias a nivel celular. La ciencia de estos alumnos de 3º nivel parece haber sido como un cuerpo de conocimiento realmente descubierto por otros y aprendido por ellos antes que una manera de razonar y verificar. Se necesita dar una creciente atención al cómo antes que al qué aprender en estos temas relacionados como ciencia, en orden a preparar a los alumnos para vivir en el mundo de mañana.
Russell-Gebbett, J. 1984	Identificación de la dificultad experimentada por niños de escuela secundaria en el estudio de estructuras tridimensionales en Biología.	Estudio piloto: 40 niños de 9/15 años. 95 niños de escuela secundaria.	<ul style="list-style-type: none"> Test (revisado previamente con estudio piloto). Grabaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> El análisis revela claramente 4 grupos de niños: <ul style="list-style-type: none"> - fuerte en abstracción de secciones de figuras. - Fuerte en la apreciación de relaciones internas entre diferentes partes de estructuras tridimensionales. - Débil en abstracción de secciones de imágenes. - Débil en la apreciación de relaciones internas entre diferentes partes de estructuras tridimensionales. La competencia en estas habilidades no presenta una relación estricta con la edad. Los alumnos de escuela secundaria no comprenden automáticamente la estructura tridimensional del material presentado en las lecciones de Biología y necesitan ayuda específica para esta comprensión. 	<ul style="list-style-type: none"> La comprensión de estructuras tridimensionales en Biología en escuela secundaria muestra diferentes grados de habilidad asociados con: <ul style="list-style-type: none"> - Abstracción de secciones de figuras. - Apreciación de relaciones espaciales de partes internas de estructuras tridimensionales representadas en diferentes planos. Mientras algunos niños son capaces de utilizar ambas habilidades, otros muestran una fuerza y/o debilidad diferente que parece influir en su aproximación del problema y, así, determinar el alcance de la comprensión exitosa de los niños de esa estructura. Es probable una jerarquía de tareas que, de acuerdo con las competencias diferenciales de los niños, limite su comprensión de estructuras tridimensionales. El diagnóstico de las dificultades de los niños puede mostrar si el individuo es débil en abstracción de figuras y/o en la apreciación de relaciones de partes internas de una

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
					estructura; pueden darse soluciones para la apropiación de las habilidades correspondientes.
Russell-Gebbett, J. 1985	Valoración del test de estructuras tridimensionales en Biología con diferentes variables, de cara a la comprensión	66 alumnos de 11/14 años de escuela comprensiva.	<ul style="list-style-type: none"> • Test. • Grabaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • La habilidad en la abstracción de secciones y la apreciación de relaciones espaciales de partes de una figura correlacionan positivamente con la edad. • También se da correlación alta entre la realización del test de estructuras biológicas en tres dimensiones y la capacidad científica general. • Se observa una pequeña diferencia en la realización entre chicos y chicas. • 59 niños hablan de intentos directos abstrayendo figuras seccionadas; los intentos más exitosos fueron prácticamente instantáneos. Del mismo modo, 57 niños relatan su apreciación de las relaciones espaciales de partes de una estructura vista en distintos planos; los intentos con éxito muestran a menudo aproximaciones sistemáticas cuidadosas del problema planteado. • Los alumnos usaron 3 estrategias de soporte: analogías, indicaciones visuales y verbales y reorientación imaginada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las capacidades para la comprensión e interpretación de estructuras tridimensionales en Biología varían con la habilidad científica y con la edad al menos hasta 4º año. • No obstante, es posible suministrar efectividad en esas habilidades de muchas maneras. • Se propone el uso de analogías para la enseñanza de figuras tridimensionales, así como el uso de indicaciones visuales y verbales para alcanzar la comprensión de estructuras tridimensionales pues ello se considera como pasos esenciales en la solución de problemas científicos. • Parece importante que los alumnos vengan con una comprensión temprana del significado técnico de una vista seccionada del material biológico; también lo es animar a los alumnos a relacionar rasgos estrictamente biológicos y ser rigurosos en ello. • Un discreto estímulo y sensibilidad podrían necesitarse para ayudar a los niños más pequeños a eliminar errores innecesarios sin destruir su percepción intuitiva y su entusiasmo por la tarea.
Wandersee, J.H. 1985	Búsqueda de relaciones entre las dificultades de los alumnos y la transformación del concepto de fotosíntesis a través del tiempo desde el punto de vista de la historia de la ciencia.	1405 estudiantes de 49 escuelas y colegios en sus diferentes niveles.	Test del concepto de fotosíntesis compuesto por 12 tareas.	<ul style="list-style-type: none"> • El concepto de fotosíntesis de los estudiantes va cambiando cuando ellos cambian a través del sistema educativo. • La menor cantidad de mejora por encima del tiempo se noto en los siguientes temas: <ul style="list-style-type: none"> - el papel del agua en el proceso. - El papel de la clorofila. - La importancia del CO₂. - El conocimiento del producto de la fotosíntesis –carbohidratos. • Los estudiantes más jóvenes más fácilmente tienen conceptos de fotosíntesis que son previamente aceptados por los científicos pero que han sido descartados o modificados. • Las prácticas sociales tienden a alentar a los alumnos a tener conceptos anticuados de fotosíntesis. • Los estudiantes de todos los niveles estudiados tienen concepciones de fotosíntesis que son similares a las que han surgido en la historia de la ciencia. • Se analizan los distintos items (tareas) a la luz de la historia de la ciencia observándose un cierto paralelismo entre la misma y las respuestas de los estudiantes en dichas tareas hasta el punto de que se relacionan las mismas con las fechas en las que surgieron históricamente las explicaciones comentadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • se ha compilado una relación de 22 concepciones sobre la fotosíntesis; algunas parecen provenir de la tendencia a antropomorfizar cuando se explica la nutrición vegetal. • Los estudiantes parecen tener dificultades de comprensión al respecto que serían como vivir sin comida y parecen proyectar sus propias necesidades en las plantas. • La historia de la ciencia puede ayudar a los educadores en ciencia a anticipar las concepciones de los estudiantes acerca de la fotosíntesis. • El resultado de este estudio, cuando se interpreta desde la perspectiva ausubeliana, implica que las estructuras conceptuales de los estudiantes, que son limitadas o inapropiadas para posteriores aprendizajes de contenido de ciencia moderna, a menudo contienen proposiciones que surgen tempranamente en la historia de la ciencia. • Si la historia de la ciencia puede usarse para predecir las concepciones que algunos alumnos tienen, los profesores pueden planificar experiencias instruccionales para modificar los conceptos subsumidores inválidos o inapropiados de los estudiantes y aumentar la probabilidad de aprendizaje significativo en sus clases.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Cubero Pérez, R. 1986	Constatación existencia de representaciones previas sobre el proceso digestivo y evolución.	55 estudiantes de 4º/5º de EGB.	Entrevista.	<ul style="list-style-type: none"> No existe conocimiento del nivel celular ; sólo el nivel orgánico. Cuando se conoce el nivel celular, se explica de manera incorrecta el paso de la comida a la célula. No se admiten cambios y transformaciones químicas en los alimentos, en todo caso, físicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Se han definido algunos modelos generales sobre la digestión. La célula requiere, ante su desconocimiento, un tratamiento en esos modelos.
Gayford, C. G. 1986	Examen de las implicaciones del concepto de energía en la educación biológica e Identificación algunas de las principales áreas en las que los alumnos a menudo experimentan dificultad o concepciones erradas.	296 alumnos de 17/18 años en 29 escuelas diferentes.	Cuestiones orales y escritas.	<ul style="list-style-type: none"> Se sugieren 4 modelos de energía en Biología: <ul style="list-style-type: none"> - Modelo almacén. - Modelo de energía no conservada sino generada y desaparecida. - Modelo de flujo-transferencia. - Modelo de energía como ingrediente que reactiva. Los cuatro modelos propuestos no son mutuamente excluyentes, pudiendo los alumnos recurrir a uno u otro en función de la demanda. Es aparente la noción de energía como algo que se reserva antes que algo que fluye o se transporta; también se observa una pequeña idea de lo que la energía significa como cualidad conservada. La mayoría de los alumnos no ha considerado que la respiración implica transformaciones de energía; se detectan serios problemas en la comprensión del papel y comportamiento del ATP como molécula. Los alumnos han encontrado las explicaciones suministradas por los profesores de Biología sobre la energética celular confusas o intelectualmente insatisfactorias e inadecuadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Se pone de manifiesto la dificultad y complejidad del concepto de energía en la educación biológica y se propone su tratamiento consistentemente con la ciencia y la enseñanza de la Física. Los modelos de energía observados tienen influencia en la comprensión de la materia viva. Las dificultades conceptuales relacionadas con la energía en Biología vienen de la falta de comprensión en dos áreas principales: química-física básica y la estructura atómico-molecular, así como naturaleza de las reacciones químicas; y termodinámica simple que trata con nociones de entropía, energía libre y conservación de la energía. Parece, por tanto, que las dificultades permanecerán hasta que se den los pasos por profesores del Biología para reforzar lo que se enseña por científicos físicos acerca de la energía; esto requiere discusión y cooperación entre físicos y biólogos en la misma escuela. Es esencial que los profesores de Biología encuentren lo que a sus propios alumnos se les ha enseñado en Física acerca de la energía para poder enseñar consistentemente con ello en un intento por crear una visión coherente de la energía que sea consistente en la educación científica.
Cañal, P. y García, S. 1987	Reconstrucción del proceso de enseñanza y aprendizaje de nutrición vegetal, un año antes.	Estudiantes de 7º de EGB.	Los propios de estudio de casos.	<ul style="list-style-type: none"> Escasa coherencia interna de las ideas de los estudiantes. No existe la idea de elemento químico o de que la composición del cuerpo de un ser vivo y la de sus alimentos o nutrientes debe guardar una relación.. 	<ul style="list-style-type: none"> Se ha observado una inadecuada selección de los contenidos. Se reafirma la necesidad de profundizar en los procesos de construcción conceptual y de diseñar procesos de enseñanza y de aprendizaje eficaces.
Friedler, Y., Amir, R. y Tamir, P. 1987	Identificación de las dificultades de los alumnos en la comprensión de la ósmosis y conceptos relacionados.	507 alumnos de 9/12 años de 12 escuelas.	<ul style="list-style-type: none"> 4 pruebas de lápiz y papel (tests). 2 entrevistas individuales. 	<ul style="list-style-type: none"> Se usan deseo o necesidad para explicar los movimientos del agua (teleología y antropocentrismo). Los resultados obtenidos corroboran otros previos según los que los alumnos tienen dificultades en la comprensión del concepto de ósmosis y otros conceptos y procesos asociados. Aunque algunos reconocen el concepto de concentración de agua, resistentemente lo aplican en sus explicaciones. La mayoría de los alumnos tiene errores conceptuales acerca de la naturaleza del equilibrio. Algunos estudiantes tienen problemas para comprender las relaciones soluto/disolvente y 	<ul style="list-style-type: none"> Los alumnos parecen aprender ciertos conceptos básicos sin comprensión completa de su significado, recurriendo a explicaciones teleológicas y a antropocentrismo. Difusión y ósmosis pueden ser ejemplo de ello. Los alumnos tienen especial dificultad en comprender las relaciones osmóticas en las plantas, debido a errores en la comprensión del concepto de equilibrio. Los resultados obtenidos en las entrevistas sugieren que los alumnos pueden ejecutar experiencias de laboratorio sin una comprensión real de los principios subyacentes. Un ejemplo es la comprensión de la ósmosis en la célula.

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				concentración/cantidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Uno de los rasgos de este estudio es que ha empleado diferentes medidas para el diagnóstico de preconcepciones y concepciones. Así mismo, se ofrecen algunas alternativas e implicaciones para la docencia.
Haslam, F. y Treagust, D. F. 1987	Descripción de un instrumento fidedigno y válido para la diagnosis de la comprensión de fotosíntesis y respiración. Su aplicación y recomendaciones.	438 alumnos de 8/12 años.	<ul style="list-style-type: none"> • test de doble nivel (estudio piloto previo). [discusión abierta en entrevistas e items de lápiz y papel con explicación de las respuestas dadas]. • Instrumento de elección múltiple. 	<ul style="list-style-type: none"> • El instrumento de diagnóstico de elección múltiple de dos niveles suministra datos que muestran que un alto porcentaje de alumnos: <ul style="list-style-type: none"> - No comprende la naturaleza de la respiración en plantas. - No comprenden que es un proceso de conversión de energía. - Contemplan la fotosíntesis como un proceso suministrador de energía. - Consideran la respiración como sinónimo de intercambio de gases. - Tienen una pequeña comprensión de las relaciones entre fotosíntesis y respiración en plantas. • Pocos estudiantes mostraron la oportunidad de usar sus propios motivos o razones antes que usar las alternativas propuestas. • Se detectan concepciones de los estudiantes y falta de comprensión relativas a que la respiración es un proceso continuo en condiciones de luz y de oscuridad. • Para una alta proporción de estudiantes la fotosíntesis tiene lugar en las raíces o en las hojas (según los cursos). • La mitad de los alumnos argumentó que todas las células vivas necesitan energía para vivir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados ilustran cómo las concepciones sobre fotosíntesis y respiración en plantas se conservan a través de años de escuela secundaria a pesar de que se han enseñando cada año como un tópico o relacionado e incorporado dentro de otros tópicos de ciencia; de lo anterior se deriva la consistencia de las mismas. • Los errores conceptuales más frecuentes y consistentes se relacionan con la ausencia de comprensión de las relaciones entre fotosíntesis y respiración y la ausencia de comprensión de cuándo respira la planta. • Se propone el uso del instrumento de diagnóstico de 2 niveles antes y después de la enseñanza del contenido científico de fotosíntesis y respiración para mejorar los aprendizajes con respecto al mismo; se sugiere también su uso para evaluación formativa a través de su trabajo en grupos.
Lucas, A. 1987	Obtención de datos básicos y asociaciones entre preguntas biológicas y bagaje educativo de los entrevistados.	1033 personas de más de 15 años.	Entrevista con cuestiones de verdadero/falso, de elección múltiple y de libre respuesta.	<ul style="list-style-type: none"> • Para pocas cuestiones hay diferencias debidas al sexo. • Una educación en ciencia mejora el conocimiento de la población adulta pero se nota que el efecto no es mucho mayor que el de una educación general, como es la tendencia general con sujetos "no científicos". • Los adultos tienen creencias inadecuadas relativas a la composición de la comida que afectan a sus decisiones cotidianas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se propone establecer una visión científica del mundo de cara a su comprensión. • Muchos de los conceptos biológicos no provocan interés en un nivel utilitario individual. • Hay un peligro en enfatizar lo moderno, lo esotérico y económicamente aplicable olvidando que hay hasta una necesidad de lo mundano, lo básico y hasta incluso los tópicos que se vuelven aburridos para enseñar; por tanto, se derivan de ello consecuencias en las discusiones sobre el currículum, por ejemplo, composición de la comida.
Díaz González, R. y Abuín Figueras, G. 1988	Posibles causas que expliquen las dificultades de comprensión de la ósmosis.	26 estudiantes de Biología de 2º de Magisterio.	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicios de clase como pretest. • Encuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para gran parte del alumnado, su código de representación de lo soluble no coincide con el usado por los libros y los docentes. • Se identifica "concentración salina" con sal no disuelta por error de interpretación del vocabulario científico. • Lo anterior constituye una barrera para interpretar adecuadamente el fenómeno osmótico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sería conveniente y necesario plantearse si usamos símbolos que en los códigos de los estudiantes representan lo que queremos. • ¿Usamos profesores y alumnos frases y palabras con idéntica interpretación? • ¿El abuso de determinados esquemas distorsiona la realidad? • La investigación debe dar respuestas a estos interrogantes, como muestran los problemas en el concepto de ósmosis.
Dreyfus, A. y Jungwirth, E. 1988	Análisis de la idea de célula que transmite el currículum,	<ul style="list-style-type: none"> • Expertos de diferentes estamentos de la 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas a diferentes profesionales relativas a la Biología y a su 	<ul style="list-style-type: none"> • Los puntos básicos referidos por los expertos de diferentes estamentos se encabezan con: unidad, diversidad y continuidad a tenor de los que se organiza todo el contenido biológico. 	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación de los principios básicos contenidos en los materiales diseñados para su enseñanza es defectuosa en el aprendizaje de los niños. Los resultados del test y de las

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
	consistencia y significatividad transmitida por los profesores y búsqueda de lo que genera en las mentes de los alumnos al respecto.	Biología. • 219 alumnos de 10º grado.	enseñanza. • Cuestionario. • Entrevistas a los alumnos.	<ul style="list-style-type: none"> • La asociación entre las afirmaciones del cuestionario y los principios biológicos básicos implicados no significa que se hayan dado por sentado. • El conocimiento de los niños se divide en 4 grupos principales: conocimiento común, falta de conocimiento, alternativas inadecuadas y contradicciones. • Las áreas de ausencia de conocimiento se relacionan principalmente con el bagaje físico-químico de materia biológica. • Se extrajeron conclusiones o principios imaginados que estuvieron en contradicción directa con el conocimiento previo y correctamente mostrado. 	<p>entrevistas apuntan un alarmante nivel de no internalización de aspectos sobresalientes del tópico célula viva.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La expectativa curricular oficial de desarrollar la idea funcional general de que la célula viva es la unidad básica de la vida se ha vuelto tristemente ausente de una gran parte de la población analizada. Se cree que eso es debido a que no se han enseñando significativamente conceptos previos que harían significativo ese aprendizaje. • Se recomienda una reformulación de las expectativas curriculares y/o de los enfoques de enseñanza.
Hacking, M. W. y Lawrence, J. A. 1988	Comparación de expertos, estudiantes avanzados y novatos en el uso del conocimiento de genética al generar y verificar hipótesis mientras resuelven problemas de pedigrí. Al mismo tiempo, buscar similitudes y diferencias en estudiantes avanzados y novatos en soluciones y procesos.	3 grupos de expertos, estudiantes avanzados y novatos.	Entrevista al hacer 3 problemas de pedigrí.	<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de los sujetos comenzó cada problema trazando el camino de transmisión de los rasgos de la 1ª a la última generación. • Las pistas críticas codificadas por los expertos constan de configuraciones significativas de individuos adyacentes en el pedigrí que tienen un modelo particular de individuos afectados y no afectados. Estos trozos significativos fueron usados por expertos para seleccionar hipótesis más fácilmente para consideraciones posteriores de una manera similar a los jugadores expertos de ajedrez lo usan para seleccionar el mejor movimiento. • Aunque los expertos no identificaron los modos correctos de herencia en proporciones sustancialmente más grandes que los estudiantes, sus soluciones fueron mucho más completas y concluyentes que los estudiantes. Las puntuaciones de la integridad de las soluciones de los expertos fueron más altas que las de ambos grupos de estudiantes para los 3 problemas. • La perfección de una solución depende de la extensión con la que se falsifican las hipótesis alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los expertos han diferido de los estudiantes competentes y de los novatos en la perfección de sus soluciones, número de pistas críticas reconocido y número de hipótesis verificadas usando genotipos. • Los expertos genéticos pueden poseer esquemas correspondientes con modos de herencia que especifican expectativas mirando aspectos de modelos de herencia asociados con modos particulares de la misma. • Los pedigrís genéticos se resuelven usando múltiples estrategias de verificación de hipótesis. • Para usar una estrategia eficazmente, la persona que resuelve problemas debe tener una rica reserva de conocimiento genético para reconocer e interpretar las pistas disponibles y un conocimiento de los procedimientos para asignar genotipos y verificar las hipótesis alternativas. • El tratamiento adecuado de los problemas de pedigrí para la enseñanza de la herencia podría ayudar a los estudiantes a desarrollar hipótesis y a ver la necesidad de falsificación de hipótesis alternativas.
Smith, M. U. 1988	Aplicación del cuerpo de investigación de la resolución de problemas de genética a los problemas de análisis de pedigrí.	27 personas (estudiantes universitarios, graduados de genética e instructores).	Entrevista al hacer los problemas.	<ul style="list-style-type: none"> • Se clasifican los sujetos como exitosos o no exitosos. • Se han detectado 15 diferencias fundamentales en la comparación entre personas exitosas y no exitosas en la resolución de problemas de pedigrí en genética que hacen referencia al uso de las reglas de producción, a la identificación de pistas, al papel de la primera opción en las hipótesis, a la tendencia a asignar genotipos, a la falsificación de hipótesis alternativas, al uso de lógicos inexactos o defectuosos, a la tendencia a ignorar suposiciones importantes, a la revisión en los pasos determinantes del proceso de decisión, a problemas de comprensión del significado de las proporciones, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • La visión de análisis de pedigrí como verificación de hipótesis parece ser un camino potencialmente valioso para la comprensión de la resolución de problemas de genética, como una extensión de los métodos de medicina y de investigación científica. • También parecen ser un excelente vehículo simple para modelizar la verificación de predicciones basadas en las hipótesis generadas por los estudiantes. • Parece probable que la investigación en resolución de problemas de genética se aproxime a la producción de modelos computacionales para la realización de personas exitosas y no exitosas. • Los datos obtenidos sobre la resolución de problemas de pedigrí

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
					tienen 5 grandes implicaciones pedagógicas que supondrían la mejora de su comprensión y de la comprensión de la genética en general.
García Barros, S. y col. 1989	Propuesta didáctica relativa a la Teoría Celular.	Alumnado de 2º y 3º de Magisterio para detectar sus concepciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Dos cuestionarios. • Diseño de una unidad didáctica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se conoce la composición celular. • Se asume que la célula realiza funciones (N, R, Rp). • Se otorga a la respiración funciones vitales. • Se yuxtaponen conocimientos memorísticos a concepciones mecanicistas de respiración. • No siempre se asocia crecimiento del individuo a reproducción de células. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se considera el segundo postulado de la Teoría Celular (La célula es la unidad funcional del organismo vivo) como el aspecto más complicado para su aprendizaje. • Siguiendo a Novak y a Gowin, se propone una estrategia que parte del estudio del ser humano.
Dreyfus, A. y Jungwirth, E. 1989	Medida de funcionalidad de las concepciones pre y post instruccionales al trabajar con la idea de célula viva como unidad básica de la vida.	219 niños de 10º grado (16 años) que en 9º cursaron "la célula viva".	Cuestionario de opinión dos fases, sobre 12 afirmaciones y revisión posterior si los sujetos lo consideraban necesario.	<ul style="list-style-type: none"> • Se definen categorías cuyas dimensiones son: <ul style="list-style-type: none"> - tipo de conocimiento usado (personal, escolar). - Estado de pre-requisito relevante de conocimiento escolar (poseído por los niños, reconocido como relevante, funcional). - Grado de diferencia entre el nuevo y el viejo contenido. - Implicación personal de los niños. - Razones de supervivencia de los errores. • Se definen 6 categorías de respuestas basadas en y correspondientes con las dimensiones anteriores. • Los niños pueden observar células como si observaran ladrillos en un edificio, pero no pueden observar células funcionando, toda vez que los procesos metabólicos pueden sólo inferirse de experimentos; no pueden ser directamente percibidos por los sentidos de los alumnos. • Se produce un impacto de fuertes asociaciones con algún conocimiento previamente adquirido y científicamente correcto que conduce a grandes generalizaciones en las conclusiones biológicas. • Se observan dudosas pero atractivas y aparentemente sólidas analogías tomando el lugar de explicaciones que van más allá del nivel científico de los niños. • Cuando se enfrentan a contenido que no comprenden, los niños inventan teorías; esto ocurre, como en el caso de las analogías, cuando no poseen pre-requisitos de conocimiento para comprender el nuevo aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se considera "la célula viva" como idea abstracta para el alumnado. • Las experiencias de los niños y la vida diaria tienen mayor influencia que el aprendizaje escolar; se observan por ello concepciones antropomórficas con respecto a la célula. • Frecuentemente se produce negligencia en el uso inevitable de palabras fáciles que conducen a interpretaciones ingenuas y atractivas para los niños de los procesos biológicos; esto deriva en inferencias contradictorias y no sólidas. • Algunos errores y concepciones alternativas se deben a conocimiento personal de los niños, mientras que en otros casos se trata de ausencia de concepciones o ausencia de conciencia del significado del contenido científico que se ha enseñado, lo que es un fracaso del sistema educativo para enseñar conceptos significativos. • La idea de unidad básica de vida extrae su significado de la comprensión de los procesos químicos que tienen lugar dentro de la célula; por ejemplo, el papel del agua en la célula y su necesidad de energía. Sin comprensión de la estructura de las proteínas y enzimas, el control de las funciones celulares por el núcleo es insentido, así como otros tantos conceptos biológicos. Esto hace que dichos conceptos queden como no funcionales para esos niños.
Banet, E. y Núñez, F. 1990	Contribución al estudio de las concepciones. Realización de una propuesta didáctica de nutrición humana.	180 jóvenes de 6º de EGB. 120 de 8º de EGB. 50 de Magisterio.	<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionarios. • Entrevistas individuales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se reconoce a la célula como destino del O₂ pero no todas lo necesitan. • Algunos jóvenes equiparan respiración a los pulmones; solamente en Magisterio se asocia el O₂ con combustión en la célula y metabolismo. • En 8º no responden o lo hacen de manera ambigua con las sustancias. • Sólo algunas personas señalan la energía en relación con este proceso; en Magisterio se reconoce el 	<ul style="list-style-type: none"> • Se definen 5 categorías o modelos para tipificar al alumnado en relación con la respiración humana. • Es conveniente estudiar el uso del O₂ a nivel celular. • Del estudio de las representaciones deben derivarse consecuencias docentes.

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				CO ₂ como resultante de las combustiones celulares.	
Dreyfus, A., Jungwirth, E. y Eliovitch, R. 1990	Implicaciones prácticas de la instrucción basada en el cambio conceptual, así como dificultades y problemas al probar su implementación en el tema de la célula.	219 alumnos de 10° grado (16 años) [48]	Entrevista (estudio naturalístico cualitativo).	<ul style="list-style-type: none"> Los principales conflictos se dan entre una visión antropomórfica-teleológica de la célula por parte de los alumnos y la naturaleza de los procesos fisiológicos como se presentan en el currículum. Antes de enseñarse en la escuela, los alumnos no han tenido conocimiento sobre este tópico altamente sofisticado (membrana celular). Habiendo sido enseñados acerca de ello, los alumnos usan conocimiento intuitivo para desarrollar satisfactoria pero no científicamente malas explicaciones. Estas explicaciones rellenan el vacío que ha dejado la enseñanza; con su propio testimonio, los alumnos no sienten la necesidad de posteriores elaboraciones. Cuando se sitúan en un contexto de conflicto, sienten insatisfacción con sus propias teorías y reconocen la necesidad de otras mejores. 	<ul style="list-style-type: none"> El conocimiento obtenido en la escuela podría no reemplazar significativamente el del “mundo verdadero”. A su nivel científico, los niños son incapaces de construir teorías comprensivas y satisfactorias. Muestran también no tener tendencia a preguntar más allá de las cuestiones de la materia. Las decisiones acerca de qué y a qué nivel enseñar tópicos científicos deben basarse en principios de cambio conceptual. El estudio demuestra que incluso el conflicto significativo no es siempre exitoso en el sentido de que no siempre asegura la construcción del conocimiento requerido y/o sólo el conocimiento deseado. La aplicación exitosa de estrategias de cambio conceptual debe depender no sólo de parámetros cognitivos sino también afectivos.
Macnab, W. y Johnstone, A. H. 1990	Factores cognitivos que contribuyen a la capacidad de las ciencias biológicas en relación con la habilidad espacial.	Estudiantes de 8/18 años de escuela primaria y secundaria, estudiantes de Biología, profesores, conferenciantes e investigadores de Biología y estudiantes y profesores de otras disciplinas.	Tests de habilidades espaciales (3 diferentes)	<ul style="list-style-type: none"> Hubo un modelo desarrollista/madurativo en el tratamiento de imágenes en 3D para pasar a 2D, también en el sentido inverso (2D para pasar a 3D) y en la orientación. Las secciones transversales se reconocen más pronto que las longitudinales. Las secciones longitudinales fueron más difíciles de reconocer. La experiencia biológica mejora las habilidades de 2D → 3D. La experiencia general y la maduración mejoraron las habilidades de 3D → 2D pero la experiencia biológica especializada guió una mayor mejora. En la orientación de imágenes, las puntuaciones más altas son para alumnos de 17/18 años, estudiantes de Biología y postgraduados. El orden de desarrollo en el uso se muestra en la siguiente dirección: 2D → 3D → orientación y, mucho más tarde, → 3D → 2D. No todos los aspectos de la habilidad espacial se desarrollaron en la misma proporción y al mismo nivel de competencia en cada test, aunque aumentaron con la edad no se desarrollaron al tiempo que otros tests espaciales. La competencia en un campo de habilidad espacial no se relaciona directamente con la competencia en una esfera diferente. 	<ul style="list-style-type: none"> El reconocimiento de secciones en 2D se mostraría como un proceso que tiene lugar al menos en tres estadios: secciones transversales, secciones longitudinales simples y secciones longitudinales complejas. Los grupos mejores en orientación habrán adquirido alguna pericia en el uso de microscopios en el que esta habilidad se usa y refuerza. En la educación biológica habilidades tales como reconocimiento de formas, tareas de orientación, conversión de información 2D en 3D y 3D en 2D tienen que desarrollarse. Teniendo en cuenta que se desarrolla antes la habilidad de tratar 2D → 3D que 3D → 2D, las primeras de estas habilidades deben tratarse y enseñarse en primer lugar. La introducción de la estructura celular debe abordarse teniendo en cuenta este asunto. Un programa de enseñanza que incluya experiencias específicas en habilidades espaciales conduciría a una mejor comprensión de algunos aspectos de la Biología y mejoraría la realización no sólo en ciencias Biológicas sino en otras áreas del currículum en las que estas habilidades espaciales se requieran.
Afonso López y col. 1991	Intereses, actitudes y opiniones del alumnado sobre contenidos, profesores, metodología	740 estudiantes de BUP y COU.	2 cuestionarios.	<ul style="list-style-type: none"> Los temas de mayor interés del alumnado son zoología, cuerpo humano y reproducción, no dándole importancia al estudio de la célula. Valores bajos de aprendizaje, desde la perspectiva del alumnado, que no concuerdan con su interés por dichos temas. 	<ul style="list-style-type: none"> Sería conveniente que la utilidad de las asignaturas y el contenido estuvieran relacionados con mayor utilidad y menor dificultad. Se propone aplicar un modelo metodológico alternativo. Contenidos, docentes y la actitud del alumnado pueden ser las causas de los problemas de aprendizaje, según

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
	y motivación en CCNN.				<ul style="list-style-type: none"> los estudiantes. Se advierte la necesidad de revisar los contenidos.
García Zaforas, A.M. 1991	Análisis y cuantificación en la magnitud de las ideas de los estudiantes sobre la función de la respiración.	50 jóvenes de 1º BUP. 53 de 3º de BUP. 49 de COU.	Encuesta ensayada previamente con docentes.	<ul style="list-style-type: none"> Se detectan dificultades a la hora de conceptualizar los procesos de fotosíntesis y respiración. Se considera la fotosíntesis como respiración en los vegetales. 	<ul style="list-style-type: none"> El planteamiento de las asignaturas de CCNN en BUP y COU es erróneo, no haciendo progresar los esquemas del alumnado. La instrucción escolar ha reforzado ideas alternativas. Se propone un uso más eficaz de las ideas, a pesar de la dificultad de su cambio. Se propone una reestructuración de estos temas que facilite la construcción de un modelo interpretativo global.
Macnab, W., Hansell, M.H. y Johnstone, A. H. 1991	Factores cognitivos que contribuyen a la competencia en ciencias biológicas; estudio del papel jugado por el estilo cognitivo y la habilidad analítica en el desarrollo de dicha competencia.	Niños de escuela Primaria, Secundaria que estudiaron ciencia integrada y alumnos que habían estudiado Biología; estudiantes universitarios de Biología; profesores, conferenciantes e investigadores; otras personas no vinculadas a la ciencia.	2 tests.	<ul style="list-style-type: none"> Surgen modelos que están relacionados con la edad. Las personas con buen bagaje biológico muestran puntuaciones superiores a las de los grupos no científicos. Hay una gran diferencia en el nivel de competencia entre las edades 10/11 años y 13/14 años en el desarrollo de habilidades analíticas. Se observa correlación positiva entre las personas que trabajan con independencia del campo y las habilidades analíticas. La habilidad para extraer información relevante, evaluarla y usarla se ve influida por la habilidad de análisis y el estilo cognitivo. 	<ul style="list-style-type: none"> El mejor desempeño de los alumnos con bagaje biológico se atribuye a la práctica y refuerzo en el uso en la formación biológica, pero es igualmente probable que estos individuos hayan llegado a saber después de sus años de escuela y estudios primeros de su educación terciaria y no por las ciencias biológicas. La diferencia en el desarrollo de las habilidades analíticas sugiere que éstas no se desarrollan bien en la escuela Primaria, pero que después se desarrollan rápidamente. La educación en ciencia en la primera parte de la Enseñanza Secundaria implicará alguna práctica en análisis y la experiencia respondería a alguna mejora en las habilidades analíticas en el rango de edad 13-16 años.
Smith, M. U. 1991	División celular como problema de enseñanza en el marco de análisis cognitivo, análisis de error, investigación en concepciones, investigación en cambio conceptual.	6 estudiantes.	Entrevista.	<ul style="list-style-type: none"> Se observan 4 niveles en la comprensión de los estudiantes: <ul style="list-style-type: none"> Total ausencia de comprensión. Memorización de los nombres de las fases sin comprensión de los eventos que ocurren. Conocimiento de que el número de cromosomas se mantiene en mitosis y se reduce a la mitad en meiosis, pero ignorancia de cómo se produce eso. Comprensión completa. Se observan errores y confusión con conceptos tales como genes/alelos, cromosoma/cromátida, haploide/diploide, cromosomas homólogos/cromosomas hermanos. 	<ul style="list-style-type: none"> Casi todos los errores importantes de los estudiantes pueden identificarse como equivocaciones en 3 categorías de fenómenos: multiplicación (replicación), de cromosomas, separación (disyunción) de los cromosomas o cromática o apareamiento (sinapsis) de cromosomas. Se propone enseñar la división celular en el contexto del ciclo celular y después de que se conozcan los cromosomas. Se considera necesario analizar en profundidad el contenido de la división celular y organizar su enseñanza a través de una serie de pasos, que se proponen.
Caballer, M.J. y Giménez, I. 1992	Detección de las ideas del alumnado sobre el concepto de pluricelularidad.	146 jóvenes de 8º de EGB. 151 de 1º de BUP. 61 de Biol. de COU. 53 de Escuela de Formación del Profesorado.	Cuestionario de ensayo y cuestionario definitivo.	<ul style="list-style-type: none"> Se asume la constitución celular de los seres vivos pero existen contradicciones. Se incorpora más la estructura celular en animales que en vegetales. La constitución estructural celular de los seres vivos se ve limitada cuando se aplica a situaciones concretas. Aun asumiendo la estructura celular, no se relaciona con funciones fisiológicas. No se tiene clara la relación estructura/función. Representación mental como una imagen célula-ladrillo. 	<ul style="list-style-type: none"> El concepto de célula no se ha interiorizado de manera significativa. Son más fáciles de entender los procesos derivados de las necesidades de las células que los de su servicio al funcionamiento global del organismo. Comprender que los seres vivos están formados por células no es algo que resulte fácil puesto que no es un fenómeno observable directamente o cotidiano. Parece ser que una de las mayores dificultades a la hora de entender a los seres vivos como constituidos estructural y funcionalmente por

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				<ul style="list-style-type: none"> No se relaciona el fenómeno de distribución de O_2 con la composición celular de los seres vivos (ni con las necesidades de cada célula). No se relaciona el crecimiento de las plantas con la estructura ni la proliferación celular. El nivel de comprensión y aceptación de la célula como unidad funcional es muy bajo en todos los niveles estudiados. Se desconocen los procesos biológicos a nivel bioquímico. 	<p>unidades celulares es la de comprender de forma adecuada las características que definen al ser vivo. Se tiende a pensar que es algo que funciona de manera macroscópica, como una serie de máquinas acopladas y no se atribuyen necesidades de materia y energía a cada una de las células, como si éstas no necesitaran cubrir sus necesidades vitales.</p>
Caballer, M.J. y Giménez, I. 1993	Detección de algunos aspectos de las ideas sobre el concepto de célula.	94 estudiantes de 8º de EGB de 6 centros distintos.	Cuestionario de ensayo y cuestionario definitivo.	<ul style="list-style-type: none"> No se tiene una representación mental clara de la célula. La mitad del alumnado atribuye tridimensionalidad a la célula. No se señala estructura celular interna ; sólo se habla de núcleo. No se identifican orgánulos o estructuras internas. Se asignan a la célula funciones desde una perspectiva macroscópica. Para muchos jóvenes, la respiración no es una función celular. Desconocimiento físico-químico de los procesos celulares. 	<ul style="list-style-type: none"> Parece entenderse la célula como unidad de vida pero se aplica con contradicciones. Podría ser que el obstáculo epistemológico residiera en la imposibilidad de representarse mentalmente una célula respirando o ingiriendo alimento porque lo asocian a los aparatos a nivel orgánico. Se atribuyen a la célula funciones o conductas de organismos superiores. No se comprende por qué y para qué ocurren las funciones, aunque se consideran procesos característicos de la vida.
Díaz, J. y Jiménez, M.P. 1993	Destrezas de observación microscópica; gado de precisión y de fidelidad.	Estudiantes de Enseñanza Secundaria y de Magisterio.	Realización y análisis de dibujos. Uso de esquemas.	<ul style="list-style-type: none"> Las ideas previas de los alumnos están bastante alejadas de la realidad - seres cuadrículados. Se detecta una percepción pobre del contenido celular. 	<ul style="list-style-type: none"> Subsiste un problema serio en la apreciación de las dimensiones.
Díaz, J. y col. 1993	Análisis de dibujos de células y de cortes de células que implican su manipulación mental como estructuras tridimensionales.	274 estudiantes (62 de 1º de BUP, 65 de 3º de BUP, 47 de 2º de Magisterio).	2 pruebas escritas previas al tratamiento del tema en clase.	<ul style="list-style-type: none"> Un porcentaje notable de estudiantes de 1º de BUP no hace el dibujo de la célula. Se representa una célula idealizada y en dos dimensiones. Se incluyen pocas organelas. En todos los niveles se representa membrana, citoplasma y núcleo; membrana nuclear y nucleolo se representan en 3º de BUP y Magisterio. En todos los casos responden al modelo "huevo frito" de anillos concéntricos. La membrana se representa por dos líneas, lo que corresponde al modelo de Danielli-Dawson, confirmado a través de entrevistas. Se observan dos concepciones para el citoplasma: "medio vacío" y "medio lleno". 	<ul style="list-style-type: none"> Los resultados contrastan con otras investigaciones en lo relativo a la tridimensionalidad. No parecen dominarse destrezas de dibujos en tres dimensiones. Algunos problemas de los detectados podrían estar relacionados con la comprensión de conceptos y procesos sobre la organización de la célula. Estos problemas se cree que se deben, también, a la ausencia de destrezas; el desarrollo de las mismas debe ser seriamente considerado por los profesores e implica el diseño de actividades guiadas que las promuevan. Se sugiere sustituir el uso de una célula-tipo por una amplia variedad de células, lo que puede producir la construcción de un modelo de célula más adecuado.
Núñez, F. y Banet, E. 1993	Falta de relación entre procesos implicados en la nutrición humana.	(159 jóvenes de 6º de EGB.), 197 de 8º de EGB. (40 de 1º BUP.), (38 de 3º).	<ul style="list-style-type: none"> Entrevista reducida. Cuestionario ensayo. Cuestionario definitivo. Entrevista reducida. 	<ul style="list-style-type: none"> Pocos estudiantes entienden el transporte de sustancias nutritivas hasta las células. Sólo una cuarta parte de los jóvenes relaciona transporte de O_2 con las células. 	<ul style="list-style-type: none"> Se establecen 3 modelos de relación entre digestión y circulación así como entre respiración y circulación. La simplificación de conceptos y procesos puede generar ideas y concepciones erróneas.
Mondelo Alonso, M. García Barros, S. y	Detección y análisis de ideas relativas a la	118 jóvenes de 1º BUP. 125 de 2º BUP. 107 de 3º BUP.	Encuesta.	<ul style="list-style-type: none"> La materia viva no está constituida por átomos para muchos estudiantes. La célula como unidad más pequeña 	<ul style="list-style-type: none"> No se concibe la constitución atómica de la materia viva ; dificultades con el mundo microscópico.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Martínez Losada, C. 1994	materia y su aplicación a conceptos y procesos biológicos.	131 de COU-C. 30 de Magisterio.		<p>de la materia viva aparece en mayor proporción en animales que en vegetales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los vegetales son menos vivos que los animales. • Dificultades para comprender la presencia de los mismos elementos químicos en ambos tipos de materia. • Se presenta una visión microscópica diferenciada para la materia viva y la materia inerte. • Se admite menos la existencia de átomos en animales que en vegetales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se ha detectado una relación insuficiente entre átomo y célula en los libros de texto. • La comprensión de los procesos biológicos requiere conceptos químicos; de otro modo, no se produce el salto de la visión macroscópica -organismo- a la visión microscópica -célula- en la que ocurren reacciones químicas. • Es importante establecer relaciones entre la teoría celular y la teoría atómico-molecular de la materia.
Bastida, M.F.; Luffiego, M. Ramos, F. y Soto, J. 1994	Aplicación de un modelo de eval. conceptual para nut. humana.	-	Diseño y secuenciación de actividades.	<ul style="list-style-type: none"> • El concepto de célula no se aplica o, si se hace, de forma parcial e incompleta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo cuando se comprenda y aplique el concepto de célula se podrá comprender la necesidad de digestión, absorción, respiración, ... • Se ha de reestructurar el concepto de cuerpo como sistema de integración y coordinación de millones de células.
Banet, E. y Ayuso, E. 1995	Análisis de algunas causas que dificultan el aprendizaje de la Genética: contenidos y conocimiento del alumnado.	Dos grupos de estudiantes de 1º BUP. (52, 46). Un grupo de 3º BUP. (34).	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas individuales. • Cuestionario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muchos jóvenes opinan que los vegetales no tienen células. • La mayor parte considera que las plantas no tienen cromosomas. • Se advierte falta de relación significativa entre genes y cromosomas. • La mayoría considera que la información está en los gametos. • Se asigna diferente información a distintas células de un mismo organismo. • Lo que lleva la célula-huevo se reparte entre las distintas células del organismo. • No se relaciona la división celular con la transmisión de información genética. • Persisten las dificultades para reconocer que todas las células llevan información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Antes de profundizar en el estudio de la herencia biológica y de sus mecanismos (de transmisión) se deben conocer las relaciones entre la información hereditaria y la estructura y las funciones celulares. • Para comprender la organización celular de los seres vivos, que no se tiene asimilada de manera significativa, es necesario abordar el estudio de la mitosis, básicamente en términos de significado e importancia biológica. El estudio de la meiosis se debería introducir en estos niveles de enseñanza, centrando la atención en su significado biológico, ya que es clave en la resolución de problemas de Genética.
Ayuso, E., Banet, E. y Abellán, T. 1996	Bagaje conceptual, razonamiento y estrategias de estudiantes. Aprendizaje con estrategia concreta. Comparación en COU.	10 jóvenes de 4º ESO. 10 de 1º BUP. 10 de COU.	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Diseño de 3 tareas-problema. 2.- Entrevistas de tipo individual. 3.- Resolución de las tareas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes se pueden desenvolver adecuadamente ante ejercicios utilizando planteamientos de partida equivocados o confusos. • Se han detectado dificultades en la comprensión de alelo, gen, cromosoma y gameto, sobre todo en COU. • Se advierten problemas en la comprensión de la meiosis, derivados de una incorrecta concepción de lo anterior. • Se muestran problemas con el concepto de probabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolver correctamente los problemas no significa necesariamente que se pongan en práctica los conocimientos adecuados. • Se considera necesario abordar la meiosis y los procesos de formación de gametos en el contexto de la herencia biológica. • Se obtienen mejores resultados si el método de resolución de problemas se basa en la meiosis.
Díaz González, R. y col. 1996	Alimentos y microbios: fermentación y procesos familiares.	157 estudiantes de 4º EGB y 186 de 7º EGB.	Cuestionario (opción múltiple).	<ul style="list-style-type: none"> • Respuestas antropocéntricas. • Se acepta que los alimentos sirven de comida para los microbios o son atacados por ellos; pero se da una baja aplicación de esta relación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sería preciso investigar el uso de analogías cuando los fenómenos estudiados son inaccesibles. • Se muestra escasa capacidad de los microbios para transformar alimentos.
Díaz de Bustamante, J. y Jiménez Aleixandre, M.P. 1996	Grado de precisión y fidelidad al plasmar la observación de morfología celular y organización	52 jóvenes de 1º BUP. 107 de 3º BUP. 40 de Magisterio (Ciencias).	<ul style="list-style-type: none"> • Prácticas habituales de laboratorio. • Dibujos realizados antes y después de las prácticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • La idea del aspecto celular es muy alejada de la realidad. • En los dibujos previos a la práctica se muestra un escaso conocimiento del aspecto, de la forma y de las estructuras celulares. • En los dibujos posteriores a la práctica, desaparecen las representaciones en las que no es 	<ul style="list-style-type: none"> • La falta de interés en el desarrollo de la tarea puede justificar representaciones pobres. • El modelo o imagen mental que poseen los estudiantes considerados corresponde básicamente a una célula epitelial pavimentosa. • En la idea del estudiante de lo que es una célula aparecen entremezcladas

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
	tisular; la célula en tres dimensiones.			reconocible ninguna estructura. <ul style="list-style-type: none"> La percepción del contenido celular es bastante pobre. 	distintas escalas y técnicas, microscopía óptica y electrónica, siendo necesario clarificar lo que es observable y de qué manera.
Núñez, F. y Banet, E. 1996	Delimitación de modelos conceptuales relativos a la nutrición como forma de estudiar las representaciones del alumnado.	159 estudiantes de 6º de EGB. 167 de 8º de EGB. 72 de 1º de BUP. 46 de 3º de BUP	Cuestionario (previo ensayo, estudio piloto y reformulación).	<ul style="list-style-type: none"> Se pone de manifiesto la existencia de modelos conceptuales comunes, que tienen carácter progresivo y son susceptibles de orden. Se categorizan los diferentes modelos conceptuales relativos al tema. Se detectan modelos parciales, no relacionados, para explicar la nutrición. La enseñanza habitual no contribuye a que se produzca la reestructuración de las concepciones iniciales. 	<ul style="list-style-type: none"> Se incluye "célula" en el nivel conceptual objeto de estudio. Se deduce la existencia de un obstáculo epistemológico relativo al desconocimiento de la estructura y el funcionamiento celular, fundamentalmente centrado en los procesos biológicos al doble nivel anatómico por una parte, y celular, por otra. El conocimiento de los modelos conceptuales resulta de gran utilidad para planificar la enseñanza. El estudio de la nutrición precisa un diseño conceptual y un enfoque didáctico alternativos.
Wandersee, J. H. 1996	Búsqueda de formas de integración de texto y de imágenes para optimizar el aprendizaje (en célula).	237 estudiantes.	Lectura de texto experimental y tradicional. Test.	<ul style="list-style-type: none"> El tratamiento experimental promovió un mayor aprendizaje de la distinción pro/eucariota para todos los alumnos. El tratamiento experimental, combinando texto e imágenes, promueve más eficazmente la interpretación analógica. Se observan diferencias de género en la realización del test. 	<ul style="list-style-type: none"> El uso de células prototípicas simples para enseñar conceptos biológicos llave parece ser menos efectivo que el de microfotografías pequeñas –múltiples. La falta de oportunidad de los estudiantes de comparar imágenes y construir criterios identificativos por sí mismos disminuye la probabilidad del aprendizaje significativo. Para aprender la distinción pro/eucariota de manera significativa debe estudiarse microfotografía electrónica actual.
Afonso López, R. y col. 1998	Grado de aceptación de CCNN frente a LL, MAT y CCSS en contenidos y/o en metodología, así como valoración interna dentro de cada asignatura.	551 estudiantes de 1º de BUP; 451 de COU Ciencias y 544 de COU Letras.	Cuestionarios.	<ul style="list-style-type: none"> CCNN no es la asignatura que más interés despierta en el alumnado en función de su contenido. La metodología aplicada en CCNN tampoco resulta ser la más innovadora. La célula y su funcionamiento ocupa el tercer lugar en la valoración hecha por el alumnado dentro de seis temas. Este lugar es el último dentro de los temas de Biología seleccionados. Entre los 24 temas considerados (6 de cada asignatura), la célula y su funcionamiento ocupa la posición nº 13. 	<ul style="list-style-type: none"> Se refleja la necesidad de reflexionar sobre el contenido seleccionado y sobre la forma de trabajarlo con el alumnado. Se plantea la necesidad de un cambio en los docentes tendente a trabajar coherentemente los distintos elementos de la metodología. Se debe atender de manera prioritaria a las actitudes que el contenido y la forma de desarrollarlo en las aulas genera pues la actitud es determinante en los procesos de aprendizaje. Se muestran las opiniones del alumnado como un instrumento eficaz de valoración de la labor docente.
Galagovsky, L. R., Bonán, L. y Adúriz Bravo, A. 1998	Análisis y ejemplificación de prácticas docentes de vaciamiento discursivo en clases de ciencias naturales.	24 docentes de 11 centros escolares de escuela secundaria.	Grabaciones de las interacciones lingüísticas y registro de impresiones y comentarios.	<ul style="list-style-type: none"> Docente, alumnos y contenidos se relacionan en el aula de múltiples maneras, pero el lenguaje natural es el medio a través del que se produce la parte más significativa del proceso de enseñanza y aprendizaje, considerándose el proceso como negociación de significados. Se produce frecuentemente un vaciamiento del discurso escolar. El lenguaje falla en sus funciones cuando el que es disciplinar contrasta con el de sentido común, cuando el nivel de abstracción de los contenidos es tan alto que se hace difícil su manipulación lingüística o cuando ese contenido está desnaturalizado por una trasposición didáctica distorsionada; todo ello conduce al vaciamiento en la 	<ul style="list-style-type: none"> Los mecanismos de vaciamiento detectados conducen a un simulacro de negociación de significados en el que se hace como que se enseña y se hace como que se aprende, algo que no es percibido por los actores pero sí por los observadores. El docente no se percibe a sí mismo como comunicador y no reflexiona al respecto considerando ese papel en la estructura lingüística de su asignatura. Se resta importancia a las diferencias entre lenguaje de sentido común y científico, diferencias que tienen un papel crucial en los procesos de aprendizaje. Se observa una gran sutileza en los mecanismos de vaciamiento discursivo escolar, sobre todo en

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				<p>significación de los contenidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Los resultados provienen de clases en las que se ha trabajado contenido de Física, Química y Biología; muchos docentes en las mismas ni siquiera perciben disfunciones lingüísticas en su discurso ni la forma en la que los alumnos asumen pasivamente la incomprensión de la situación comunicativa. 	<p>contenido abstracto.</p> <ul style="list-style-type: none"> Las prácticas de observador como las realizadas en este trabajo repercutirán en la formación como futuros docentes porque permiten un análisis distinto del papel del lenguaje como objeto de estudio y reflexión y como mejora de la eficacia comunicativa de cara a la compartición de significados científicos.
Glynn, S. M. y Takahashi, T. 1998	Determinación del papel de analogías elaboradas en los libros de texto de ciencia y en el aprendizaje de estudiantes de enseñanza media de los conceptos principales, usando como concepto-blanco la célula animal.	58 alumnos de 12/14 años y 32 alumnos de 10/12 años.	Lectura de un texto sobre célula animal con analogía intensificada y otro texto control; medida de recuerdo inmediato y retardado 2 semanas después a través de tests. Al mismo tiempo, medida de reconocimiento y de interés, importancia y comprensibilidad, a través de tests.	<ul style="list-style-type: none"> Los alumnos que estudiaron con texto de analogía intensificada tuvieron puntuaciones de recuerdo significativamente más altas que los que lo hicieron con texto control Las puntuaciones de recuerdo inmediato y las producidas 2 semanas después no difieren significativamente. Casi todos los sujetos recordaron alguna analogía; todas fueron razonables en la medida en que representaban sistemas con partes interrelacionadas que trabajan juntas. Los alumnos que trabajaron con el texto de la analogía recordaron más a menudo una factoría, mientras que los del grupo control usaron varias, siendo frecuente el cuerpo humano. La ventaja de retención asociada con la analogía elaborada es duradera; esta ventaja fue aparente después del estudio del texto y 2 semanas después. Se ve el número de relaciones de rasgos entre el análogo y el concepto blanco como una medida de la calidad de la analogía; ésta es mayor en el grupo que manejó el texto con analogía. El grupo que trabajó con texto reforzado por la analogía incluyó más rasgos correctos en sus analogías que los del grupo control en ambas situaciones. Los resultados de reconocimiento (grupo de 10/12 años) son similares a los de recuerdo. Las medidas de interés e importancia no difieren significativamente en los grupos experimental y de control, pero la comprensibilidad ha dado puntuaciones más altas en el grupo que trabajó con la analogía. 	<ul style="list-style-type: none"> La célula juega un papel fundamental en la comprensión de los estudiantes de escuela 2ª de los procesos vivos porque es la unidad básica estructural y funcional de las cosas vivas. Una comprensión básica de la célula se considera un componente esencial de la literatura científica. La comprensibilidad puede jugar un papel como mecanismo llave, o variable interviniente, porque la analogía elaborada influye en la retención de los estudiantes; los alumnos en condiciones de analogía aumentada comprendieron el concepto blanco –célula- mejor y, por tanto, lo recordaron mejor. Parece desprenderse de la comparación entre los alumnos de 10/12 y de 12/14 años que el desarrollo cognitivo de los estudiantes de escuela media juega un importante papel en su generación espontánea de analogías durante el aprendizaje. De igual modo, y en términos más generales, ejercen un importante papel en el aprendizaje significativo de textos científicos. Los resultados del estudio claramente sostienen el uso de las analogías en los libros de texto de la escuela media; éstas necesitan ser cuidadosamente elaboradas para que sean efectivas. Se proponen 6 operaciones: introducir el blanco, recordar a los alumnos sobre el análogo, identificar rasgos relevantes, mapear similitudes, indicar en dónde la analogía se acaba y extraer conclusiones.
Mateos Jiménez, A. 1998	Aproximación a las principales concepciones de estudiantes de animales, factores influyentes en las mismas, posibles obstáculos epistemológicos e implicaciones didácticas.	356 estudiantes de 8/14 años. 27 maestros.	<ul style="list-style-type: none"> Cuestionarios. Análisis de fábulas y cuentos infantiles. 	<ul style="list-style-type: none"> Se mantiene una imagen concreta de los animales otorgándoles cualidades incluso de carácter humano. Esta visión se reduce en los maestros. Se hacen valoraciones del tipo bueno/malo en los alumnos pero no en los docentes. El alumnado desarrolla un pensamiento por categorías dicotómicas (bueno/malo, débil/fuerte) que dificulta la adquisición de ideas más aceptadas científicamente; esas categorías no son estrictas en la naturaleza. Se agrupa a los animales en categorías desde el punto de vista ecológico; así, depredador representa 	<ul style="list-style-type: none"> Se mencionan los cuentos infantiles como material del que parten esas concepciones; la visión antropocéntrica de los animales tiene este origen. Se sugiere que estas concepciones puedan deberse a su transmisión a través del pensamiento docente inducido. Lo que subyace a las concepciones del alumnado sobre los animales es una visión antropocéntrica y eso podría ser un inconveniente para adquirir una visión más ecológica de los mismos. Se propone la modificación de los cuentos infantiles y el diseño de

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				<p>la fuerza y presa la debilidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se relaciona tamaño con fuerza y se muestra androcentrismo. • Se detectan patrones asociados al comportamiento animal derivados de las fábulas y cuentos infantiles . 	<p>estrategias específicas para superar ese pensamiento por categorías para alcanzar una visión ecológica de esos animales. Los resultados señalan problemas relacionados con la idea de esos animales como seres vivos.</p>
<p>Membela, P. y Cid, M. C. 1998</p>	<p>Detección de ideas previas sobre alimentación y nutrición de cara al diseño de una unidad didáctica.</p>	<p>24 alumnos de 11/12 años. 39 alumnos de 14/15 años. 65 alumnos de 16/17 años. 17 alumnos de > 20 años. 22 alumnos de > 22 años.</p>	<p>Cuestionario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La respuesta más correcta, necesidad de nutrientes y de energía, sólo aparece entre los estudiantes de mayor edad y en un porcentaje bajo. • Se usan explicaciones muy vagas para justificar el uso o no de diferentes alimentos; las respuestas son poco diferenciadas (proteínas y vitaminas como “buenos”, etc). • Se detecta bajo conocimiento de las sustancias básicas que necesita el organismo, más bajo en los grupos de menor edad. • Los esquemas conceptuales de los alumnos evolucionan con la edad en el sentido: vivir/sobrevivir/morir → obtener energía → necesidad de nutrientes y energía, aunque también hay solapamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parece que los estudiantes asignan a los alimentos o bien un papel positivo o bien negativo sin considerar que todos son necesarios. • Parece también tenerse más claro el papel de la energía que el de la materia en la nutrición. • Los estudiantes no comprenden el mecanismo básico de la nutrición, es decir, el balance entre ganancias y pérdidas de materia y energía.
<p>Mondelo Alonso, M., Martínez Losada, C. y García Barros, S. 1998</p>	<p>Medida de la asunción de la uniformidad de estructura y función de los seres vivos.</p>	<p>226 estudiantes universitarios de Biología y Magisterio.</p>	<p>Cuestionario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de las respuestas responden a un tipo descriptivo, siendo minoritaria la presencia de experimentos; éstas comienzan por observar, ver si, ..., y lo que se atiende con ello son características vitales (crecimiento, nutrición, reproducción, ...), presencia de estructuras o determinadas necesidades. • En ningún caso se explicita la hipótesis de partida para justificar las acciones anteriores; tampoco se expresa la técnica concreta de recogida de datos. Se observan diferencias entre Magisterio y Biológicas, ya que éstos últimos suelen especificar el resultado de su experimento. • Se usan preponderantemente respuestas basadas en criterios fisiológicos frente a los relativos a aspectos estructurales. • La constitución celular se señala por un reducido número de estudiantes de Magisterio, aumentando en Biológicas un poco, pero, en todo caso, todos ellos son valores bajos. • Falta toda referencia a movimiento celular, así como a división mitótica o a la formación de gametos. • Los estudiantes no identifican la respiración como un proceso celular productor de energía. Este proceso se tiene escasamente en mente en los vegetales. • No se señalan los procesos metabólicos, reduciendo de este modo la fisiología a sus niveles macroscópicos o perceptibles. Al no hacer referencia a células, DNA, etc, no se desarrollaron criterios esenciales y suficientes para diferenciar ser vivo de materia inerte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se constata la dificultad del alumnado para proponer experimentos; esta dificultad se atribuye a la enseñanza recibida anteriormente. • Las dificultades en el nivel celular se suponen debidas no a la falta de conocimiento sino a la dificultad para aplicarlo en contextos no académicos. El uso de aspectos perceptibles y macroscópicos denota pensamiento cotidiano. • Los alumnos basan sus observaciones y experiencias fundamentalmente en aspectos macroscópicos y perceptibles, siendo muy minoritarias las propuestas fundamentadas en la fisiología celular. Así la respiración se asocia a intercambio de gases. Tras una terminología científica se oculta un importante número de concepciones y confusiones conceptuales (ej: fotosíntesis, alimentación/nutrición). Las referencias al metabolismo celular son muy escasas. • Se confirma la dificultad de reconocer la célula como unidad de la vida. Del mismo modo, la diferencia de trato de rasgos fisiológicos con respecto a características estructurales manifiesta ausencia de relaciones estructura/función. • Los estudiantes consultados no usan los criterios universales (célula, DNA) característicos del concepto ser vivo. Una visión microscópica de las características vitales constituye un obstáculo epistemológico difícil de superar para cuya superación es imprescindible una comprensión de la célula como unidad de vida.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Wood-Robinson, C. y col. 1998	Tipo de conocimiento o genético de los jóvenes al acabar la educación científica obligatoria y conocimiento sobre aplicaciones de la tecnología genética.	743 estudiantes de 14/16 años.	<ul style="list-style-type: none"> • 11 preguntas de lápiz y papel individuales. • 6 semejantes pero discutidas previamente con compañeros. • 3 tareas de discusión. • 12 declaraciones de actitud. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se muestran proporciones muy bajas de la idea científica de que todas las células somáticas son genéticamente iguales. • Se considera a los animales significativamente diferentes de los otros organismos, así como a los insectos similares a los mamíferos. • Se reconoce a la mayor parte de las formas de vida compuestas por células. • No se consideró que muchas formas de vida tuvieran ni cromosomas ni información genética. • Se observan problemas de conceptualización de la estructura celular de los árboles. • Ningún estudiante planteó la relación entre código genético y síntesis proteica. • Se observa un elevado grado de comprensión de las implicaciones ético-sociales de la tecnología genética en las opiniones y actitudes de los jóvenes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados sugieren confusión generalizada entre células y las estructuras y la información que contienen. • Se deduce de los datos que la mitad de los estudiantes no son conscientes de que todos los seres vivos contienen información genética. • Las evidencias obtenidas sugieren que la base genética de la vida es escasamente entendida por los estudiantes. • Se sugiere la necesidad de materiales curriculares que mejoren la comprensión de la genética básica y la capacidad para evaluar cuestiones relativas a sus implicaciones. • La estructura de la célula se suele incluir en una etapa relativamente elemental, dejando genética para los últimos cursos; el crecimiento, la división y la diferenciación celular ocupan un lugar intermedio. Hay una clara necesidad de interrelacionar estos aspectos de forma que las ideas sobre la transferencia de la información genética de una célula a otra se entiendan con mayor claridad.
Pérez de Eulate, L., Llorente, E. y Andrieu, A. 1999	Exposición y análisis de los problemas de las imágenes de digestión y excreción, así como discusión del papel de las mismas en la enseñanza/aprendizaje de estos conceptos.	8 libros de texto de Enseñanza primaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla descriptiva (con diferentes criterios de análisis). • Registro, clasificación y agrupamiento en texto. 	<ul style="list-style-type: none"> • se presenta un alto grado de iconicidad (–realismo– referido al aspecto exterior de los órganos). • Ubicación de los órganos siguiendo esquemas ambiguos; visión frontal y, por tanto, dificultad para ver en diferentes planos. • No se usa casi el contraste de colores, dando uniformidad, lo que dificulta la percepción diferenciada. • Se usan muy pocos detalles ampliados y secciones; ambos recursos juntos pueden dificultar su interpretación y, a veces, se obliga a rotaciones mentales por no usar la misma orientación. • La secuencia de imágenes, a pesar de su utilidad para procesos fisiológicos, se usa muy poco. • Se detecta una elevada presencia de imágenes en los libros, ocupando una abundante superficie. • Se prima la información icónica, usándose pocos rótulos. • Hay más información anatómica que fisiológica, siendo la primera preferentemente icónica y la segunda casi exclusivamente escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos estudios han mostrado que los libros de texto pueden ser transmisores de errores en ciencias y algunas veces han resaltado el papel de las imágenes en este proceso; un ejemplo son las ilustraciones de la célula. Los resultados del análisis realizado dan pie para coincidir con esas afirmaciones. • La idea de tubo continuo digestión-excreción tiene su origen en una transferencia analógica que no cuestiona las imágenes anatómicas de los libros de texto. • Se detectan tres problemas básicos relativos a las imágenes en los textos: errores anatómicos y fisiológicos, ausencia de informaciones relevantes y ambigüedades y deficiencias gráficas.
Pittman, K. M. 1999	Examen analogías generadas por los alumnos para la observación de la comprensión de los mismos sobre síntesis proteica frente a tareas de	189 alumnos de Enseñanza Secundaria.	<ul style="list-style-type: none"> • test previo a la instrucción. • Planteamiento de analogías personales previo entrenamiento. • Verificación y entrevista al acabar el tema y un mes después. 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los estudiantes prefirieron usar analogías para aprender ciencia antes que los métodos tradicionales. • Un mayor porcentaje de chicos prefiere analogías elaboradas por ellos mismos, mientras que un mayor porcentaje de chicas prefiere analogías generadas por el docente. • Tanto chicos como chicas comienzan con un contenido mínimo; al mes, las chicas hacen mejor el test de elección múltiple. En lo relativo a los dibujos, los chicos tuvieron mejores puntuaciones. • Se detecta diferencia en la elección de analogías de los estudiantes; los 	<ul style="list-style-type: none"> • Las analogías generadas por los estudiantes forzaron a los mismos a buscar relaciones de similitud entre la nueva información de síntesis proteica y su conocimiento anterior, por tanto, permiten una mayor profundización en la comprensión de la nueva información. • Parece desprenderse de los resultados que se dan 2 maneras diferentes de conocimiento: una representación visuo-espacial (frecuente en juegos y entretenimientos técnicos usados por chicos) y un conocimiento lingüístico-verbal.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
	lápiz y papel.			<p>chicos escogen analogías más agresivas que las chicas. Casi todos usaron un tópico externo a la ciencia por su familiaridad con el mismo; algunos, todos chicos, optaron por un tópico relacionado con contenido científico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La percepción de las diferentes tareas es diferente en chicos y chicas; éstas usan en sus explicaciones elementos cotidianos, mientras que los chicos usan armas y mecanismos para el movimiento; los chicos conectan menos las diferentes acciones que las chicas. • Los chicos tienen mejor comprensión del conocimiento conceptual mientras que las chicas tienen mejor comprensión del conocimiento procedimental –orden de ocurrencia. • Las chicas realizan mejor formas tradicionales de evaluación y demuestran mejor comprensión de conocimiento procedimental (referido a fases del proceso) que los chicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las diferencias en la selección de los tópicos y el carácter representacional sería un resultado de las maneras diferentes en las que los padres responden a chicos y chicas y cómo los animan a interactuar con su medio y con otras personas. Los profesores también siguen este estereotipo. • Las chicas prefieren las analogías de los profesores porque no confían en sus propias explicaciones de síntesis proteica. • Los resultados obtenidos evidencian problemas y sesgos en las tareas de evaluación; ésta debe revisarse y plantearse en términos formativos. • Las analogías generadas por los alumnos podrían ser una herramienta para asistir al educador en ciencia en la identificación o dirección de las concepciones existentes en los mismos que no son compatibles con las concepciones científicas; sirven como diagnóstico o forma de evaluación formativa antes que como herramienta de evaluación sumativa.
Rodríguez Palmero, M. L. y Moreira, M. A. 1999	Representaciones, como modelos mentales, relativas a la célula; su evolución a lo largo de un curso escolar.	2 estudiantes de Biología de COU.	Producciones y verbalizaciones (estudio de casos).	<ul style="list-style-type: none"> • La alumna analizada construye un modelo mental físico relacional de la célula que atiende fundamentalmente a su estructura y muy poco a su funcionamiento. • Se observa una evolución en su representación que parte de proposiciones simples y aisladas y con imagen también simple y llega a ser más articulada y compleja en términos estructurales e igualmente simple en funcionamiento celular. • El alumno analizado termina el curso con un modelo físico dinámico –con relaciones causales- que opera con múltiples imágenes, habiendo empezado con un modelo mental complejo y completo en estructura pero no en funcionamiento celular. • Se observa una evolución a lo largo del curso con enriquecimiento conceptual en diferentes aspectos y establecimiento de dicha causalidad en su modelo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los seres humanos representan el mundo internamente. • La célula es un concepto que se corresponde con una entidad física, real, pero que opera en la mente de los alumnos como ente abstracto y que se construye a partir del discurso. • La comprensión de conceptos científicos requiere la construcción de modelos mentales. • La mente construye modos de representación diferenciados que ejercen influencia decisiva en los procesos de aprendizaje en la medida en que determinan el procesamiento de la información recibida. • Los modelos mentales son idiosincráticos –de carácter psicológico-, estando en la base de las concepciones se que construyen. • La capacidad explicativa y predictiva está en función del modelo mental construido. • Se corrobora la dificultad del concepto célula de cara a su aprendizaje. • El constructo “modelo mental” resulta comprensible, plausible y fructífero para explicar el proceso de cognición.

También con objeto de delimitar de mejor manera la situación de la investigación educativa en el campo que nos ocupa, se han revisado veintiún trabajos que no son específicamente de indagación sino que responden a revisiones en la misma, artículos de opinión o de propuestas, siendo algunos de ellos generales de enseñanza/aprendizaje de la ciencia; se han incorporado porque contribuyen a delimitar las líneas que se siguen y las pautas que marcan y definen, incluso justifican en algunos casos, en esa investigación educativa. También en esta ocasión la presentación sigue un

orden cronológico y como criterios se han usado: objeto y conclusiones relevantes. Los rasgos más característicos se muestran en la tabla nº 2.

Tabla nº 2: Relación de artículos de revisión, opinión y propuesta revisados.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
Reid, D. J. 1984	Nivel cognitivo en el que el efecto de superioridad de las imágenes puede reconocerse y métodos usados en la investigación para estudiarlo.	<ul style="list-style-type: none"> • Parece que investigadores y conferenciantes concuerdan del mismo modo en que el efecto de superioridad de las imágenes obtiene un status poderoso en la intensificación de la memoria humana. • La edad es un factor significativo en la determinación de la fuerza del efecto de superioridad de las imágenes en la memoria. • La investigación en desempeño de recuerdo y reconocimiento oponiendo imágenes en color a imágenes en blanco y negro es ambigua y limitada. • Hay una ambigua evidencia de que el color es beneficioso en la percepción antes que tareas conceptuales y específicamente en educación en Biología. • El efecto deletéreo del uso de imágenes muy simples para ilustrar palabras simples fuera de contexto se reconoce por autores y profesores de Biología; en términos generales, la complejidad del material va en contra de tales procedimientos. • De la revisión del papel de las imágenes en los procesos de aprendizaje no parecen evidenciarse en los trabajos citados signos de que la incorporación de las mismas suponga una comprensión superior por parte de los alumnos ni con técnicas o métodos de asociaciones emparejadas o relacionadas ni con métodos de investigación imagen/prosa. • No hay evidencias de que las imágenes faciliten la comprensión; se propone más investigación al respecto puesto que se plantean modelos que combinan esas imágenes con palabras y, por tanto, su interacción como mecanismo de procesamiento de la información para reconocimiento y recuerdo. Se sugiere el uso de tecnología de ordenadores para ello.
Otero, J. C. 1985	Se analiza y critica el currículum de Física de la escuela secundaria (de ciencia en general) como epistemológicamente empirista, a la luz de la teoría de aprendizaje significativo y de la epistemología genética.	<ul style="list-style-type: none"> • El principal modo en el que se adquieren los conocimientos científicos en la escuela secundaria superior es por aprendizaje verbal receptivo (asimilación). • Parece haber una estructura lógica firmemente estabilizada de la materia que ejerce una poderosa influencia limitante en las maneras en las que el contenido de los cursos de ciencia se organizan a este nivel. • Las representaciones del conocimiento conceptual están condicionadas por asunciones epistemológicas subyacentes acerca de la naturaleza del conocimiento científico, distinguiéndose entre conocimiento obtenido por nuestra visión fuera de nosotros mismos y dominio del mundo en el que vivimos, que da materias de primer orden, y conocimiento que deriva de nuestra reflexión en nuestra propia actividad como conocedores, que es el propósito de materias de segundo orden. Las ciencias experimentales como Física o Biología se presentan en los currícula de escuela como materias de primer orden. • La razón para presentar las respuestas (de los problemas) y no la cuestión se relaciona con la asunción epistemológica que se ha apuntado. Los currícula tradicionales a este nivel tienen como intención primordial suministrar herramientas hechas sin dar al estudiante una oportunidad para reflexionar en la razón de su existencia, i.e., por qué se moldean como son y no de diferente manera. • El hecho de que los conceptos resultan de un interjuego entre el esquema teórico y los datos empíricos no existe en las aproximaciones empíricas de cursos de ciencia y libros de texto. • El orden natural de las ideas, temas, reglas, o la semejanza juegan un papel dentro del contexto de descubrimiento y hacen las explicaciones inteligibles para los científicos o la comunidad científica. Todo ello desaparece, con todo, del lenguaje de la ciencia pública que supuestamente se usa para hacer la ciencia inteligible a nuestros alumnos. • Las representaciones del contenido científico usualmente encontrado en los cursos de ciencia introductorios y libros de texto introducen algunas dificultades objetivas para los conceptos científicos y principios que van a ser aprendidos significativamente. • Es necesario declarar explícitamente el problema que da origen a la explicación y, dentro de límites razonables, el camino que llevó a la actual forma del concepto. Del mismo modo, es necesario hacer conexiones con las ideas más estables y generales del aprendizaje; esto implica buscar caminos de correspondencia estable entre las ideas que hacen la ciencia inteligible para los científicos durante el curso de la historia y las ideas que podrían hacer la ciencia inteligible para nuestros alumnos.
Hill, L. 1986	Examen de la estructura y la metodología de la Biología y su relación con los procesos de enseñanza.	<ul style="list-style-type: none"> • Se discute la posibilidad de postular leyes (en el mismo sentido que las leyes físicas) porque hay regularidades en Biología pero a menudo son triviales o de naturaleza probabilística. ... Tales conceptos movilizan más allá de contenido empírico de leyes y representan una complejidad de ideas dentro del dominio del pensamiento. Del mismo modo, se ejemplifican diferencias entre la Física y la Biología al respecto, observándose un modo específico de contemplar esas leyes en la Biología, pues requiere preguntas del tipo "por qué" o "qué para" que no tienen sentido en Física. • Se revisan desde la perspectiva de la Biología los conceptos de hipótesis, teoría, error, experimento y observación, encontrándose también en ello algunas diferencias con respecto a otras disciplinas científicas; en este sentido, se propone combatir la afirmación de que la observación es inferior al experimento. • Se puede argumentar que el método basado en los procesos en la enseñanza de las ciencias se apoya en un error conceptual en la comprensión de la ciencia; siempre hay teoría de referencia. • La Biología es una ciencia particularmente autónoma con un fondo teórico bien definido. Se destaca también la importancia de los conceptos en el desarrollo de las ideas biológicas y las limitaciones del método reduccionista. • El reconocimiento de que los procesos de investigación no pueden reproducirse o simularse fácilmente significa que los objetivos del trabajo de laboratorio necesitan definirse claramente. • Si la formulación y verificación de teorías puede sólo llevarse a cabo en el laboratorio, en las más artificiales circunstancias, entonces una comprensión completa de la Biología debe incluir un estudio de su historia y filosofía.
Hodson, D. 1986	Análisis y crítica del papel de la observación	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios recientes revelan que en efecto está muy extendida una visión inductivista de la naturaleza de la ciencia. • La mayoría de los cursos de ciencia fracasa al reconocer y apreciar estas relaciones dinámicas entre observación y teoría. • Se define el conocimiento científico como el producto de una actividad social compleja que precede y sigue el acto individual de descubrimiento o creación.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
	en la educación científica.	<ul style="list-style-type: none"> • La educación contemporánea en ciencia enfatiza el producto de la ciencia (las teorías y explicaciones) pero negligencia los procesos por los que ese conocimiento se genera y valida. • Se discuten en detalle la falta de fiabilidad y la dependencia teórica de la observación, el aprendizaje para hacer observaciones, el informe de las visiones existentes en los niños, el aprendizaje por descubrimiento y la ciencia como actividad social cargada de valores. • Se necesita distinguir mucho más claramente que lo que tenemos en el pasado entre diferentes clases de metas de aprendizaje –el aprendizaje de conceptos científicos, la adquisición de habilidades de laboratorio o una comprensión de la ciencia, etc- y diseñar experiencias de aprendizaje específicas para ello. El principal asunto ha sido el status de la observación y su papel en relación con el mundo real, el mundo de las ideas científicas, la práctica de la ciencia y el aprendizaje de la ciencia.
Lucas, A.M. 1986	Revisión y perspectivas de la investigación en educación biológica	<ul style="list-style-type: none"> • Se analizan 81 estudios y trabajos de investigación en la enseñanza de la Biología entre 1966 y 1985. • Se observa predominio de métodos de enseñanza y de las características profesionales. No hay referencias a trabajos sobre la célula. • Se debe dar más atención a la esfera del estudiante, a la forma en la que usa las ideas, su fuente y la manera de manejar los conceptos biológicos. • La investigación en la enseñanza de la Biología debe ir unida a los estudios en enseñanza de la Física y de la Química.
Giordan, A. 1987	Construcción y funciones de los constructos.	<ul style="list-style-type: none"> • No hay referencias a la célula. • Los conceptos previos no se pueden considerar como un fin de la investigación educativa en sí mismos. • Las representaciones de los estudiantes deben ser tenidas en cuenta no sólo antes sino durante la fase educativa.
Jiménez Aleixandre, M.P. 1987	Selección bibliográfica de preconceptos y esquemas conceptuales en Biología.	<ul style="list-style-type: none"> • Se detecta un número inferior de investigaciones en comparación con Física y Química. • Los trabajos de conceptos biológicos son recientes. • Se ha encontrado diferencias en los campos y en las metodologías de investigación sugeridos. • No se ha observado ninguna referencia explícita a trabajos relativos a la concepción de la célula. • Se considera mayor la complejidad de los conceptos biológicos (frente a los de Física y Química). • Los resultados de Física y de Química, podrían ser aplicables a las investigaciones en educación en Biología (en metodologías).
Serrano, T. 1987	Modos de pensamiento del alumnado en relación con conceptos de Biología.	<ul style="list-style-type: none"> • Se advierte un desequilibrio en los estudios relativos a las concepciones de Física/Química y Biología. • La mayoría de los trabajos son relativos a concepciones. • Los estudios realizados son, en general, de naturaleza descriptiva. • No se reflejan trabajos de interacción entre las concepciones y la versión científica. • No hay referencias directas a la célula ; sólo colateralmente aparecen trabajos dirigidos a las concepciones de herencia. • Los jóvenes se enfrentan al aprendizaje de la herencia con ideas que no se modifican tras la instrucción. • Es importante que el docente tenga esta información. • Existen diferentes técnicas para acceder al pensamiento del alumno ; su elección depende del investigador. • Apenas se describen trabajos de investigación relativos a intervenciones didácticas.
Treagust. D.F. 1988	Metodología y su uso para desarrollar tests diagnósticos de cara a identificar concepciones de alumnos en contenidos limitados de ciencia.	<ul style="list-style-type: none"> • La metodología de investigación en la línea propuesta comprende 10 pasos que implican 3 grandes áreas: definición del contenido [pasos 1/4 identificación de afirmaciones de conocimiento proposicional, desarrollo de un mapa conceptual, relación del conocimiento proposicional con mapa conceptual y validación del contenido], información obtenida sobre las concepciones de los alumnos [paso 5/7: examen de la literatura, conducción de entrevistas no estructuradas a los estudiantes, desarrollo de items de contenido de elección múltiple con libre respuesta] y desarrollo de un test diagnóstico [pasos 8/10: desarrollo de un test diagnóstico de doble nivel, diseño de una parrilla de especificación y continuación de refinamiento]. • Mientras la investigación aportada de las concepciones de los estudiantes es inherentemente interesante y es ilustrativa del pensamiento de los alumnos y, por que no, de los fracasos de la implementación del currículum, los resultados de esta investigación no son fácilmente usados por los docentes en sus prácticas de clase. • Se destaca la importancia de las concepciones en los procesos de enseñanza/aprendizaje y se advierte al profesorado para su consideración. Se propone el uso de tests diseñados siguiendo las pautas reseñadas por parte de los docentes para superar esas concepciones erradas relatadas en la bibliografía sobre el tema.
Reid, D. 1990	Papel de las imágenes y su percepción en los procesos de aprendizaje.	<ul style="list-style-type: none"> • Se deben seleccionar o dibujar imágenes que maximicen la diferenciación figura/fondo y se muestran tres reglas de oro para que sean seguidas: <ul style="list-style-type: none"> - 1: optimizar el fondo del campo. - 2: empleo de colores que atraen la atención inicial de partes que contienen la información más relevante. - 3: asegurar que la delineación de la sombra es tan inequívoca como sea posible. • Es posible que una instrucción más explícita de los aprendices sobre cómo usar las imágenes sea útil. Tales instrucciones necesitarán tomar en consideración no sólo problemas inherentes a una percepción de la imagen exacta, sino también la interacción de la imagen con su texto acompañante y las tareas de aprendizaje que se estén realizando.
Reid, D. 1990	Examen de las relaciones entre la imagen y su texto acompañante	<ul style="list-style-type: none"> • Llega a ser cada vez más obvio que el efecto positivo de la imagen no puede ser asumido en todas las situaciones en las que el aprendizaje se requiere de texto ilustrado. • Se está haciendo cada vez más claro que el efecto de superioridad de la imagen (PSE) no es universalmente operativo en el aprendizaje humano. • No hay componentes dentro de la imagen, dentro del texto y dentro del aprendiz que se puedan manipular para maximizar el PSE ya que las interacciones entre esos componentes son a menudo tan cruciales en la determinación del aprendizaje como los componentes individuales en sí mismos. • La dificultad percibida en el texto es un rasgo no sólo de los factores inherentes al texto, sino también de factores que el aprendiz lleva a la tarea. • Uno de los problemas en la aplicación del modelo PSE reside en la dificultad del establecimiento de cotas extremas de la

AUTOR/ AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
		dificultad absoluta del texto.
Cañal de León, P. 1991	Caracterización de las ideas de los estudiantes sobre la nutrición de las plantas verdes.	<ul style="list-style-type: none"> Desde el punto de vista metodológico predominan los cuestionarios y entrevistas; a veces, combinación de ambos. También se dan estudios de casos. Los estudiantes de Primaria consideran que las plantas se alimentan como los animales y lo hacen de tierra. Están lejos de poder abordar la comprensión de la fotosíntesis. Estos jóvenes entienden la respiración como intercambio gaseoso. En el alumnado de Secundaria persisten muchas de estas tendencias. Se han detectado dificultades para comprender el cuerpo vivo como un sistema químico. En estas edades no se relaciona la alimentación con la fotosíntesis; no se relaciona tampoco con respiración o transpiración. Muchas de las concepciones reseñadas se repiten en estudiantes universitarios. Se dispone de abundante información sobre las concepciones en este contenido; por lo tanto, hay resultados que pueden explicar la génesis y los procesos de cambios de las mismas.
Bugallo Rodríguez, A. 1995	Dificultad e importancia de Genética en ESO; resolución de problemas.	<ul style="list-style-type: none"> La meiosis es una de las mayores fuentes de problemas. La investigación en didáctica de la Genética combina conocimiento conceptual y estrategias de resolución de problemas; surge al amparo de la investigación en cognición. Se investigan los modelos empleados por los estudiantes.
Banet Hernández, E. y Núñez Soler, F. 1995	Concepciones de los estudiantes sobre sí mismos como organismos.	<ul style="list-style-type: none"> No se tiene claro que el destino de los nutrientes sean las células de todos los órganos del cuerpo. No se comprende el uso celular de los nutrientes ni siquiera a nivel elemental. Se tiene poco consolidada la producción de desechos por parte de la célula. No se acaba de comprender la naturaleza celular de los gametos. Parece necesario considerar que los estudiantes tienen concepciones sobre el cuerpo humano que se reestructuran en representaciones mentales construidas a partir de sus percepciones personales y que, por lo tanto, son persistentes y difíciles de modificar.
De Manuel Barrabín, J. y Grau Sánchez, R. 1996	Representaciones y dificultades comunes en la concepción del pensamiento biológico.	<ul style="list-style-type: none"> Para explicar el concepto de ser vivo se recurre a criterios relativos a comportamiento más que a criterios fisiológicos o a criterios morfológico-estructurales. Se detecta una errónea aplicación de la teoría celular al tamaño de los organismos. Es frecuente observar una representación plana de la célula originada por los esquemas y dibujos de los libros. Se asocian la fotosíntesis y la respiración más con intercambio de gases que con transformación de energía. Se han detectado dificultades lingüísticas derivadas de la precisión del significado en conceptos genéticos. El aprendizaje de los términos nunca debería ser tan importante como la comprensión que se dé de los conceptos. Deberían darse condiciones para la verbalización del alumnado como forma de detectar los significados que asigna.
Arcá, M. 1996	Evolución de las interpretaciones de los niños de fenómenos biológicos siguiendo el desarrollo de sus estrategias cognitivas.	<ul style="list-style-type: none"> En la construcción cognitiva de los niños, como en el desarrollo social del pensamiento científico, todo el conocimiento acerca del mundo se refiere a diferentes grupos de modelos del mundo. Como profesores, podemos ayudar a los niños a hacer sus modelos originales e infantiles mejor ajustados a las realidades cambiantes y establecer uniones recíprocas. Los niños siguen estrategias de pensamiento analógico en sus razonamientos biológicos. Los modelos dinámicos de fenómenos biológicos implican estrategias cognitivas de causalidad que guían identificación de causas, cambios de causas, modulación de causas, interacción entre causas y así sucesivamente. La comprensión biológica de la vida siempre implica diferentes niveles de uniones causales, incluyendo correlaciones genéticas y ambientales. En la construcción de modelos dinámicos apropiados, las estrategias causales sistemáticamente intentan correlacionar, explicar y predecir eventos biológicos; pero es fácil ver que cada clase de explicación causal producida por el niño implica una compleja cosmología, una imagen de la totalidad del sistema vivo. Es difícil para un niño combinar diferentes estrategias al mismo tiempo o formar un modelo creado en más de una dimensión. La modelización es la estrategia más rica para la construcción de redes causales entre conocimiento y eventos.
Jiménez Aleixandre, M. P., Amir, R., Brody, M. J., Tamir, P. y Tomkiewicz, W. 1996	Principios epistemológicos, psicológicos y pedagógicos críticos en enseñanza de Biología, según lugares comunes (Schwab).	<ul style="list-style-type: none"> La naturaleza del conocimiento biológico es compleja y debe ser mucho más dirigida directamente por los profesores y los aprendices. La Biología, y particularmente la Ecología, representan complejos fenómenos que requieren una comprensión de la variedad de las ciencias naturales tanto como de sus interacciones. Se sugiere el uso de los mapas conceptuales y de la V de Gowin, así como de las tecnologías basadas en ordenadores para paliar los límites que tienen las dos primeras estrategias citadas. La enseñanza de la Biología debe incluir una amplia variedad de medios de aprendizaje. Colección y conservación de organismos, por ejemplo, es esencial para la modelización biológica y fenómenos ecológicos. En la enseñanza de la Biología, los profesores deben identificar los conceptos esenciales que son importantes en la comprensión de cada tópico. [...] La modelización de los procesos de la vida y sus interrelaciones es esencial para su comprensión. Dada la prevalencia en los mass media (medios de comunicación) de los conceptos científicos relacionados con eventos de la vida diaria, es imperativo tener sociedades que comprendan el papel de la ciencia, y particularmente de la Biología, en el mundo real.
Tamir, P. 1996	Razonamiento Causal Retrospectivo en enseñanza de Biología.	<ul style="list-style-type: none"> El propósito del razonamiento causal es identificar la causa o causas de un evento particular o fenómeno. Se denomina Razonamiento Causal Retrospectivo al razonamiento asociado con causas inferidas en el pasado; se relaciona con la comprensión y aplicación de la teoría de la evolución. Se propone tratar en la enseñanza temas como la evolución bajo la perspectiva del Razonamiento Causal Retrospectivo, exponiendo, en todo caso, posibles problemas en su implementación y comentando sus ventajas en la formación biológica.
Cañal, P. 1997	Principales problemas	<ul style="list-style-type: none"> En los primeros años de la Enseñanza Primaria o bien se considera que las plantas no respiran o que lo hacen como todos los seres vivos y, posteriormente, aparece y aumenta su incidencia la idea de "respiración inversa", para disminuir

AUTOR/ AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
	en enseñanza y aprendizaje escolar de nutrición de plantas verdes, análisis de causas y propuesta de progresión conceptual.	progresivamente en su frecuencia, aunque siga manteniéndose en muchos casos. <ul style="list-style-type: none"> • Esa concepción tiene su origen en una serie de circunstancias que la favorecen y que responden a los planteamientos habituales en las aulas y en los libros de texto. • Surge la necesidad de secuenciar de otra manera el contenido para superar esta concepción equivocada proponiéndose la urgencia de contemplar aspectos como la distinción entre nivel de organización de un organismo y de una célula, planteamiento de la respiración como proceso que tiene como finalidad proporcionar energía, desarrollo progresivo de un modelo corporal de las plantas verdes comparando distintas soluciones biológicas para las mismas necesidades, aproximación experimental y tratamiento de la nutrición como flujo de materia y energía. • En la génesis de los obstáculos como el relativo a la “respiración inversa” intervienen factores que están directamente relacionados con la secuenciación de contenidos, entendida como ordenación del saber que se imparte y como proceso de estructuración didáctica del conocimiento. • Se presenta una propuesta de secuenciación de contenidos acorde con lo anterior.
Rodríguez Palmero, M. L. 1997	Determinación de la importancia del conocimiento de la célula en el aprendizaje de la Biología, en la investigación educativa.	<ul style="list-style-type: none"> • Son pocos los trabajos que se centran explícitamente en el estudio de estas representaciones; sin embargo, se muestran evidencias de su manifestación en otros trabajos relativos a la Biología. • Las representaciones sobre la estructura y el funcionamiento celular suponen un obstáculo epistemológico esencial a la hora de comprender y conceptualizar el funcionamiento de los seres vivos. • La investigación educativa muestra que no se tiene asimilada la idea de célula de forma significativa; así mismo, evidencia importantes resistencias para alcanzar un aprendizaje científicamente aceptado relativo a la misma y a su funcionamiento, una vez aplicadas estrategias dirigidas a su superación. • Las representaciones relativas a este tema se han tratado hasta ahora explícita o implícitamente, utilizando básicamente como instrumentos cuestionarios, entrevistas o actividades en la mayoría de los casos o, en algunas ocasiones, combinando dos de estas estrategias. • Se sugiere la posibilidad de que estas representaciones respondan a modelos interpretativos más globales en relación con el comportamiento de la célula y de los seres vivos. • Se propone la combinación de diferentes estrategias e instrumentos centrados en las elaboraciones y productos del alumnado para acceder a esos modelos interpretativos globales. • En todo caso, se considera muy valiosa la información de la que se dispone pues muestra la importancia de abordar este estudio en la medida en que evidencia que la célula y su funcionamiento resultan conceptos cruciales en la comprensión del mundo biológico.
Durfort, M. 1998	Reflexión sobre los problemas relacionados con la enseñanza de la Biología Celular.	<ul style="list-style-type: none"> • Es importante insistir en que no hay ninguna forma que sea indicativa de un prototipo de célula ni en un mismo tejido ni en el organismo entero. • Se constata el total desconocimiento de los estudiantes en lo que se refiere a las dimensiones de la célula y de los orgánulos; la idea del tamaño es fundamental en cualquier tipo de estudio de la célula. • En escasas ocasiones se trata el número de células. • Hace falta enfatizar en el momento oportuno la trascendencia de los métodos de estudio (...) usados en la investigación de la célula. • Se destaca la necesidad de tratar la duración de la vida y de sus componentes en términos de transmitir la idea de dinámica y constante renovación celular. • Es un problema la ausencia de unificación de criterios en terminología, así como la ausencia del uso de la etimología por parte del alumnado. • Los hábitos de lectura, observación e interpretación y realización de esquemas son muy minoritarios y se consideran básicos para entender la célula.

Como se desprende de las investigaciones y de los trabajos de otra naturaleza que se han revisado, son muchas las implicaciones que podemos detectar, muchos los matices que se deben contemplar, muchas las perspectivas desde las que analizar y abordar esta difícil área del conocimiento, la investigación educativa en ciencias, y más específicamente en Biología. No se pretende, como ya se ha expresado, llevar a cabo una revisión exhaustiva, completa, detallada, sino solamente una aproximación al tema a través de una muestra que se considera representativa de los avances y aportaciones logrados en los últimos veinte años que nos pueda dar luz sobre los múltiples aspectos que pueden considerarse y nos permita definir de mejor manera el problema. Por esa razón, se insiste, se han incorporado algunos artículos que no tratan específicamente con la célula, sino con otros contenidos biológicos, pero que han evidenciado que ese concepto es crucial en la comprensión y en el aprendizaje de la materia viva en sus diferentes niveles de organización, así como otros que, desde la óptica de la enseñanza de las ciencias en general, aportan reflexiones, ideas, consideraciones que deben ser tenidas en mente si de lo que se trata es de entender mejor los procesos de enseñanza y de aprendizaje de conceptos tan complejos, por lo que se ve y la investigación refleja, como la estructura y el funcionamiento celular.

1.3.- ALGUNAS CONCLUSIONES Y ALTERNATIVAS EN EL ESTUDIO DE LAS REPRESENTACIONES EN EL APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA.

Una primera reflexión que se desprende de las investigaciones analizadas es que de las cuarenta y nueve, sólo diecinueve se centran específicamente en la célula o en el nivel celular, pero del total, treinta y cinco hacen referencia, bien en sus resultados o bien en sus conclusiones, a problemas y dificultades con este contenido. Es decir, se trata de trabajos que han abordado otros conceptos biológicos pero en los que se ha detectado como escollo importante la comprensión del nivel celular. Muchos son, sin duda, en relación con el total analizado, lo que demuestra la importancia de este concepto en la conceptualización biológica. Si atendemos a las revisiones y artículos de índole diversa contemplados, observamos que sólo dos de ellos se centran concretamente en la Biología Celular, pero son siete los que relacionan las mismas dificultades ya comentadas. Resulta, pues, un tanto paradójico que la estructura y el funcionamiento celular sean tan vitales en la comprensión de la materia viva, que sea la célula un concepto clave, estructurante del pensamiento y del razonamiento biológico, y que sea objeto de estudio específico, no vamos a decir que de manera minoritaria, pero sí limitada.

Si observamos el objeto de estudio de las investigaciones reseñadas, podemos establecer seis categorías diferentes que se relacionan en función de su frecuencia de aparición y tratamiento.

- **Concepciones:** treinta y cuatro investigaciones han tenido como objeto las concepciones del alumnado en diversos temas (vida, digestión, nutrición, genética, materia, energía, etc.); diecisiete de las mismas pueden relacionarse directamente con el nivel celular ya que hacen referencia o bien a célula en sentido estricto o bien a procesos que tienen su razón de ser en este nivel de organización y se producen en la célula. Se incluyen esas concepciones en el sentido ya expresado de lo que han plasmado o representado los sujetos, independientemente del momento en el que se han recogido (previo o posterior a estrategias concretas de aprendizaje).
- **Imágenes:** nueve trabajos tratan como objeto de estudio las imágenes desde diferentes ángulos; algunos se refieren a la forma en la que se procesan, otros a su papel en los procesos de aprendizaje, otros a la capacidad de interpretarlas, al efecto de las mismas cuando se incluyen en los materiales curriculares -libros de texto-, a la influencia de diferentes variables en su percepción. Abordan, por tanto, la imagen, en general, bien como recurso externo o bien desde una perspectiva interna, mental.
- **Currículo:** se han incluido en este grupo cinco trabajos que versan sobre el grado de dificultad de diferentes conceptos, problemas de aprendizaje con respecto a los mismos, interés y grado de aceptación del alumnado.
- **Resolución de problemas:** tres trabajos tienen como objeto de estudio la resolución de problemas, de genética concretamente. Uno de ellos plantea el tema de manera general y los otros dos comparan novatos y expertos para extraer de ello consecuencias pedagógicas.

- Papel de las analogías: dos trabajos, ambos recientes, tratan específicamente el papel de las analogías en los procesos de enseñanza/aprendizaje de conceptos científicos abstractos y complejos. En uno de ellos, se analiza la influencia de una analogía propuesta y en el otro, el papel de las generadas automáticamente por parte del alumnado. Las analogías en la enseñanza y aprendizaje de la Biología se citan, en sentido positivo o negativo, en otros trabajos anteriores.
- Otros: se incluyen aquí dos trabajos que tratan sobre estilos cognitivos y sobre vaciamiento discursivo que, por su temática, no se han considerado propios de currículum y que no responden a los esquemas y contenidos de las otras categorías definidas, pero que aportan reflexiones que pueden tener que ver con lo que ocurre en las aulas.

Como puede comprobarse, cinco trabajos se han incluido en dos categorías diferentes por su objeto de análisis; cuatro de ellos se refieren a célula como concepto pero tratan con sus imágenes y el otro trata con célula desde el punto de vista del currículum.

Haciendo un recuento de los resultados que se han considerado relevantes, en la Tabla nº 1 figuran doscientos veintisiete que, como es lógico, guardan relación con muy variados y diferentes aspectos, pero que podemos englobar en tres categorías diferentes.

- A: Célula: ciento cincuenta y seis resultados de los reseñados tienen relación con la conceptualización de célula y de sus implicaciones, así como de ser vivo que, evidentemente están muy relacionados. Se engloban en esta categoría cuestiones como: problemas en la concepción de fotosíntesis, desconocimiento del nivel celular, ausencia de transformaciones químicas en la misma, ausencia de comprensión del destino de los nutrientes, visiones o ideas estáticas de la célula carentes de funciones, incompreensión de la división celular, desconocimiento o ausencia de comprensión de las funciones vitales, asignación celular a unos seres vivos y a otros no, etc. Como se ve, son muchos aspectos diferentes, como distintos fueron también los objetos de estudio de las investigaciones que los produjeron, pero todos ellos detectan y plasman el mismo problema común: ausencia de comprensión biológica de los seres vivos por desconocimiento y ausencia del significado de la célula como su unidad constituyente. Nuevamente, pues, vemos la evidencia de la importancia de este concepto y la necesidad de su investigación y análisis.
- B: Currículum: entendido en un sentido amplio, pues se incorporan en este grupo resultados que tienen que ver con el contenido en sentido estricto -sus problemas de aprendizaje y su dificultad-, el interés despertado en el alumnado con respecto al mismo, el discurso con el que se transmite, la formación que requiere, etc.; cuarenta y un resultados hacen referencia a estos aspectos. Se observan en ellos algunas relaciones curiosas que, lógicamente, tienen su razón de ser en esa selección del contenido y en la forma de trabajarlo; por ejemplo, es llamativo que una de las investigaciones obtenga como resultado que la estructura y el funcionamiento celular sea el tema

menos valorado de la Biología por parte del alumnado, unos estudiantes que en otros trabajos manifiestan que estos contenidos son difíciles, dificultad que, por otra parte, asigna el profesorado, lo que puede llevarnos a reflexiones relativas a la posibilidad de que los propios docentes estemos ejerciendo y transmitiendo alguna influencia en esas percepciones.

- C: Imagen: treinta resultados de los considerados guardan relación con el papel de la imagen en los procesos de cognición y, como ya se explicó en relación con el objeto de investigación, se trata de resultados que tienen que ver tanto con la imagen desde un punto de vista externo, es decir, la forma de trabajarla para que ayude en los procesos de aprendizaje, como interno, o sea, los procesos cognitivos que se siguen al trabajar con ellas, por ejemplo, habilidad para extraer significado, capacidad interpretativa de la complejidad que entrañan, estrategias usadas en su interpretación (curiosamente, una de ellas es la analogía, tema que se aborda concretamente en tres trabajos de objeto diferente), etc.

Si centramos la atención en las mayores dificultades o problemas que ha mostrado el alumnado en la comprensión, conceptualización y aplicación del concepto de célula, tanto desde el punto de vista estructural como funcional, podemos definir cuatro categorías:

- A: Nivel de organización celular: se detecta desconocimiento o muy baja comprensión del nivel celular, observándose contradicciones incluso para considerar a los seres vivos como seres constituidos por células, asignando carácter celular a los animales y no tanto a vegetales e, incluso, desconociendo la relación estructura/función. Sirven de ejemplo:
 - No existe conocimiento del nivel celular.
 - Se asume la comprensión celular de los seres vivos pero existen contradicciones; esta composición se equipara más fácilmente a animales que a vegetales y se ve dificultada, en todo caso, en su aplicación a situaciones concretas.
 - No se relaciona estructura celular con funciones fisiológicas, así como tampoco se establece relación estructura/función.
 - La célula como unidad funcional tiene un nivel muy bajo de comprensión y aceptación.
 - No se representa mentalmente de manera clara la célula, atribuyéndole volumen sólo en algunos casos y no se identifican estructuras internas en la misma.
 - Se detecta una concepción pobre del contenido celular.
 - La célula es la unidad de la materia viva pero más en animales que en vegetales ; incluso los vegetales son menos vivos que los animales.
 - Si se aplica el concepto de célula, se hace de forma parcial e incompleta.
 - Para muchos jóvenes, los vegetales no tienen células.
 - La idea del aspecto celular es muy alejada de la realidad, no conociéndose el aspecto, la forma y las estructuras celulares y observándose una percepción del contenido celular bastante pobre.

- Se detecta una errónea aplicación de la teoría celular al tamaño de los organismos, recurriéndose a criterios relativos a comportamiento y no a criterios morfológico-estructurales o fisiológicos.
- Se observan frecuentemente imágenes planas de la célula.
- B: Procesos vitales: se incluyen en esta categoría los resultados considerados relevantes que hacen referencia a los procesos fisiológicos fundamentales de la nutrición. Se observa que los estudiantes tienen grandes problemas para comprender que son todas y cada una de las células de un organismo pluricelular las destinatarias de los nutrientes ; así mismo, está resultando un obstáculo fundamental la comprensión de los procesos de respiración celular y fotosíntesis, confundiéndose frecuentemente entre ellos y no asignándosele ninguna relación con procesos energéticos. Algunos ejemplos son:
 - Se conoce la composición celular y se asumen las funciones celulares pero se yuxtaponen conocimientos memorísticos a concepciones mecanicistas por ejemplo en lo referente a la respiración.
 - No todas las células requieren oxígeno, aunque se reconozca a la célula como destino del mismo. Se equipara respiración a los pulmones y pocas veces se relaciona con la energía.
 - Se entiende la respiración como intercambio de gases.
 - No se relacionan alimentación, fotosíntesis, respiración, transpiración.
 - Dificultades para conceptualizar fotosíntesis y respiración, considerando la fotosíntesis como respiración vegetal.
 - No se relaciona la distribución de oxígeno con la composición de la célula ni con sus necesidades.
 - Sólo unos pocos alumnos relacionan transporte de oxígeno con las células; no se entiende el transporte de nutrientes a las células.
 - No se tiene claro que el destino de los nutrientes sean las células de todos los órganos del cuerpo; ni tan siquiera a nivel elemental se comprende el uso celular de los nutrientes. Consecuentemente, no se asume la producción celular de desechos.
 - Se asocian fotosíntesis y respiración con intercambio de gases.
- C: Desconocimiento de la Física y de la Química: en esta categoría se han contemplado referencias que guardan relación con problemas de conceptualización biológica en los que se detecta la importante relación que existe con el conocimiento de la Física y de la Química subyacente a los seres vivos. De hecho, como se ve, no está resultando fácil comprender la estructura y el funcionamiento celular si no van acompañados de una adecuada comprensión y aplicación de la físico-química de la materia viva. Veamos algunos ejemplos.
 - No existe la idea de elemento químico o de que la composición del cuerpo de un ser vivo y la de sus alimentos o nutrientes deba guardar una relación.
 - Se detectan dificultades para comprender el cuerpo vivo como un sistema químico.
 - Se detecta un profundo desconocimiento de los procesos biológicos a nivel bioquímico.

- Desconocimiento físico-químico de los procesos celulares.
 - La materia viva no está constituida por átomos.
 - Se detectan dificultades para comprender la presencia de los mismos elementos químicos tanto en la materia viva como en la materia inerte. La existencia de átomos se admite menos en animales que en vegetales.
- D: Reproducción y herencia: Esta categoría incluye resultados que se han considerado relevantes en la medida en que muestran serias dificultades de los jóvenes para entender el crecimiento y la herencia como procesos celulares. En los siguientes resultados podemos ejemplificar esta categoría.
- No siempre se asocia crecimiento del individuo a reproducción celular.
 - No se relaciona el crecimiento vegetal con estructura celular ni con proliferación de células.
 - Los vegetales no tienen cromosomas; no se relacionan genes y cromosomas, asignando a los gametos la información. Se asignan diferentes informaciones a distintas células, de distintas partes, del mismo organismo.
 - La información de la célula-huevo se reparte entre las distintas células, no relacionando división celular con transmisión de información genética.
 - No se comprende la naturaleza celular de los gametos.
 - No se consideró que muchas formas de vida tuvieran ni cromosomas ni información genética.

Parece probado, pues, a juzgar por las investigaciones analizadas, que la estructura y el funcionamiento celular están planteando serios problemas en el terreno de los aprendizajes relativos a la Biología en diferentes campos de la misma. La adquisición de conocimiento biológico supone la superación de estos problemas como requisito indispensable y, por lo que se ve, incluso estrategias dirigidas a su modificación no han conseguido que este concepto se represente en las mentes de los estudiantes de manera diferente, de una forma científica y contextualmente aceptada. La investigación nos muestra también un tratamiento bastante descriptivo al respecto y, como es lógico, es consecuencia y reflejo de los marcos teóricos que la definen, así como de su evolución. De este modo, y al haber relacionado los artículos cronológicamente, puede observarse que hay tendencias muy claras a analizar, ¡otra vez! en términos descriptivos, las ideas previas, errores conceptuales, concepciones, ..., el cambio conceptual para superarlas, finalidad que no se consiguió, y, finalmente, en la investigación más reciente en el tiempo, las representaciones desde esa otra perspectiva más cognitiva, dada la insuficiencia de los referentes anteriores. En ese sentido, y atendiendo básicamente al apartado de las conclusiones de la tabla confeccionada (Tabla nº 1), se han extraído ciento ochenta y nueve conclusiones relevantes que pueden agruparse como sigue:

- De corte epistemológico: es decir, conclusiones que hacen referencia a la estructura, organización, secuenciación, selección del contenido. Son aportaciones que tratan básicamente con el contenido, que critican su selección, organización, ..., que proponen secuencias o modificaciones referidas al contenido mismo. Noventa y tres tratan estos aspectos.

- De corte metodológico: se engloban en este grupo todas aquellas conclusiones que tienen por objeto mejorar la enseñanza y el aprendizaje independientemente del contenido, proponiendo recursos, enfoques, maneras que afectan al tipo de trabajo concreto con el mismo en el aula. Setenta y dos conclusiones se incluyen en esta categoría; de ellas, sesenta y nueve hacen referencia explícita a la célula, lo que llama la atención si observamos que sólo diecinueve de los cuarenta y nueve trabajos tienen como objeto específico de investigación este contenido.
- De corte psicológico: en esta categoría se incluyen todas aquellas conclusiones que se plantean el problema en términos cognitivos, mentales, o sea, si lo que se plasma en ellas es una redefinición del sentido del aprendizaje. Cuarenta conclusiones hacen referencia a estos aspectos.

Como puede observarse, algunas de las conclusiones se han considerado dentro de dos categorías diferentes dada su naturaleza, lo que no necesariamente invalida el criterio de clasificación, ya que se trata simplemente de una aproximación de análisis. En este sentido, se han categorizado también los cuarenta y nueve trabajos de investigación atendiendo a la mayor frecuencia del tipo de conclusiones presentes en los mismos. Se desprende de esta visión que hay una tendencia mayoritaria de investigaciones básicamente epistemológicas (veintisiete), seguida de trabajos básicamente metodológicos (quince) y básicamente psicológicos (siete).

Hagamos ahora un repaso a lo que nos aportan las revisiones y artículos de opinión. Como se recordará, algunos son muy generales de enseñanza de la ciencia, pero una vez que se ha observado lo anterior, se entenderá mejor que se hayan considerado pertinentes y, por ello, se hayan incluido en la presente revisión bibliográfica. Analizando el objeto que abordan, podrían clasificarse del siguiente modo: concepciones/representaciones (diez); currículum (siete); imágenes (tres) y resolución de problemas (uno).

Específicamente centrados en la célula sólo hay dos trabajos: uno de revisión bibliográfica y otro de reflexiones sobre problemas relacionados con la enseñanza de la Biología Celular, pero en siete de ellos se observan referencias explícitas a problemas de comprensión y de conceptualización de la célula, como se recordará. Las conclusiones que se han considerado relevantes son ciento doce; se han tratado del mismo modo que en el caso de las investigaciones y de ello parece desprenderse que la tendencia más evidente es como sigue: de corte epistemológico (cincuenta y uno); de corte metodológico (cuarenta y cinco) y de corte psicológico (veinticinco).

Con el mismo procedimiento, es decir, observando la mayor frecuencia en la naturaleza de las conclusiones, se han categorizado las tendencias más destacables de los veintiún trabajos como sigue: artículos básicamente epistemológicos (diez); artículos básicamente metodológicos (seis) y artículos básicamente psicológicos (cinco).

Considerando en su conjunto los setenta trabajos revisados, vemos que la mayor frecuencia, la mayor importancia, se ha dado en el terreno del contenido, en el epistemológico (treinta y siete); los aspectos metodológicos, las pautas de trabajo diario, las reflexiones y propuestas pedagógicas ocupan el segundo lugar (veintuno) y los aspectos psicológicos de la cognición, el procesamiento mental de ese contenido, es el

menos atendido por la investigación en educación en Biología, en particular, y presumiblemente, en ciencia en general, con sólo doce referencias. Estos datos concuerdan, como ya se ha hecho notar, con la evolución seguida en los propios procesos y referentes de la investigación educativa. De hecho, ya no son suficientes los catálogos de ideas previas, ya no nos conformamos con seleccionar y organizar de manera más reflexiva el contenido, ya no nos convencen los modelos mágicos de cambio conceptual, sino que nos preguntamos qué es lo que hay en las cabezas de nuestros alumnos (Greca, 1999), por qué piensan lo que les enseñamos de una manera que no se corresponde con lo que “hemos enseñado”, por qué re-presentan eso que enseñamos de una forma y no de otra, por qué no generan representaciones más acordes con la ciencia que pretendemos comunicarles. Todo ello nos lleva, otra vez, a las representaciones (¡internas!) entendidas como entidades mentales, como elementos básicos en la cognición.

Está claro que nadie discute en este momento el papel que ejercen esas representaciones en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Del mismo modo, es evidente también que se dispone de suficiente documentación como para caracterizarlas en función de una serie de atributos como son: su carácter autónomo, su persistencia, su relativa universalidad, su resistencia, su coherencia, su carácter implícito y su funcionalidad, caracterización que nos proporcionó la investigación educativa de la que hablamos. Pero parece ser, según lo expuesto, que el tratamiento que ha tenido la indagación de estas representaciones no se ha mostrado adecuado o, cuanto menos, no ha resultado plenamente satisfactorio, pues se ha caracterizado por una visión excesivamente descriptiva y, quizás, un tanto simplista al haber obviado su carácter de entidades con las que opera la mente. Se observa, pues, la necesidad de un replanteamiento, a partir de la situación descrita, y la posibilidad de que una salida sea considerar dichas representaciones como estructuras mentales con entidad propia, como "modelos mentales". Surge, pues, la necesidad de abordar el significado que se le atribuye a este constructo, lo que justifica una explicación más detallada en el capítulo siguiente.

2.- MODELOS MENTALES: UNA REVISIÓN

2.1.- APORTACIONES DEL CONSTRUCTO “MODELO MENTAL” AL ESTUDIO DE LAS CONCEPCIONES Y REPRESENTACIONES.

Concepciones, representaciones, ideas previas, ideas intuitivas, ideas alternativas, ... , no son conceptos y constructos nuevos en la educación, en las tareas de enseñanza/aprendizaje ni en la investigación, como ya se observó en el capítulo precedente. Hoy nadie discute su importancia y su papel central en las estrategias de actuación docente y en los procesos que llevan a las personas a aprehender el significado del mundo que las rodea y a interpretarlo; no en vano, el constructivismo como filosofía impregna todos estos procesos y, como se sabe, establece que el conocimiento es una construcción a partir de lo que los individuos ya conocen. Esas concepciones, representaciones, ... han sido profundamente estudiadas con la intención de que se modificaran, de que cambiaran. En ese proceso han mostrado muchas de sus características y rasgos definitorios, pero también nos han ofrecido información que nos permite inferir, interpretar los modos de procesar que caracterizan a la mente humana y que suponen, precisamente, el aprendizaje que se pretende.

Eso ha conducido a revisiones, replanteamientos, alternativas, cambios, nuevos enfoques y modos, en definitiva, para analizar esos procesos que a tantos investigadores fascinan y, por eso, parece conveniente hacer un alto en el camino, un poco de historia ¡pero reflexiva! y ver hasta dónde se ha llegado para plantear las líneas futuras que se deben o pueden seguir, a lo que nos da pie la revisión hecha en las páginas que ocuparon el capítulo anterior. Con esta intención se realiza el presente documento que se articula en torno al tratamiento de las representaciones, en primer lugar; en modelos mentales como formas de estudiarlas, constructo al que se llega como resultado y consecuencia de la experiencia seguida con aquéllas; un tercer apartado que ejemplifica la aplicación de esta idea (constructo) a través de distintos trabajos que lo utilizan y un último espacio que nos sirva de conclusión de la revisión realizada y permita explicitar, en la mayor medida posible y con la mayor claridad posible, el significado que hoy por hoy se le da a “modelos mentales”; así mismo, se justifica, en este contexto, la opción que impregna la investigación posterior de la que estas páginas constituyen parte de su fundamento teórico, lo que se desarrolla en la segunda parte de este capítulo.

2.1.1.- Las representaciones como modelos mentales

“Conocer las representaciones mentales de los niños, conocer lo que ellos saben y cómo lo saben permite al enseñante comprenderlos mejor, más profundamente, y también escoger el punto de partida de sus proyectos didácticos” (Caravitas y Tonucci, 1988, pág. 126). La idea que emana de la cita anterior es la que ha caracterizado buena parte de la investigación educativa durante muchos años. Esto ha sido así porque la actuación docente pretendía y pretende, como es lógico, la adquisición de esa comprensión por parte del alumnado. Docentes e investigadores centraron su atención en el conocimiento de esas representaciones mentales que en la bibliografía figuran con multiplicidad de nombres o etiquetas: errores conceptuales, concepciones, representaciones, ideas intuitivas, ideas espontáneas, teorías infantiles, teorías implícitas, ... , en fin, que, si bien tienen connotaciones y matices que las diferencian, comparten un núcleo común que es constituir el conocimiento que el

alumno tiene y trae al aula y del que el docente dispone para construir conocimiento científico a partir del mismo. Y esto es así desde que se asume en la enseñanza que *“El factor aislado que más influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe; averígüese esto y enséñese en consecuencia”* (Ausubel, 1968, pág. IV). Es, en definitiva, desde que admitimos el constructivismo como caracterización filosófica de los procesos de aprendizaje.

Pero, como muchos de los comportamientos humanos, el comportamiento o la respuesta de la comunidad investigadora y de la comunidad docente, que no necesariamente han ido unidas, ha sido compulsivo una vez que se aceptó la posición filosófica y teórica anteriormente expuesta. Surge durante una época una gran efervescencia, aparecen abundantes trabajos de investigación, se presentan revistas dedicadas al mundo de la docencia, etc., que se centran, fundamentalmente, en el estudio de esas concepciones, representaciones, ... y que lo hacen desde una perspectiva básicamente descriptiva. En el ámbito de la enseñanza de las ciencias podemos contar con abundantes reseñas que nos muestran, a modo de catálogo, esos conocimientos que nuestro alumnado trae a las aulas y que se han desarrollado como pequeñas (¡grandes!) investigaciones en las propias aulas y por parte de los propios docentes de estos jóvenes en muchas de esas ocasiones. Claro está que esto no es lo que nos dijo Ausubel; averiguar ese conocimiento era condición necesaria pero no suficiente. El tiempo, la historia posterior, se encargó de darle a esta época y a esas investigaciones su justo valor, ya que ni a investigadores (¡no docentes!), ni a docentes ni a estudiantes el conocimiento de esos catálogos descriptivos estaba sirviendo de mucho para alcanzar lo que todos pretendíamos: aprender.

¿Cuál es, entonces, el valor que esto tuvo? Evidentemente muy alto, si bien no tanto como se esperaba, pues no solucionó la educación. Y muy alto porque nos permitió tener ese punto de partida sobre el que articular los procesos de enseñanza y de aprendizaje; nos dio la oportunidad de averiguar lo que los alumnos ya saben y reflexionar sobre eso, lo que supuso un cambio de perspectiva de muchos docentes que dejaron de considerarlos como cajas vacías que teníamos que llenar de contenido; pero sobre todo, y aunque tengamos que admitir que el abismo entre ambos es aún enorme, nos dio la oportunidad de acercar la investigación educativa a la docencia, los teóricos a los prácticos pues, como decíamos antes, muchos de los docentes planificaban sus propios protocolos para conseguir esa información sobre el conocimiento de su alumnado y fundamentaban en mayor o en menor medida al hacer los informes en los que comunicaban y publicaban sus resultados.

Por sí solo, lo anterior es importante pero, con todo, no es lo más destacable como producto. A partir de esta situación diagnóstica, unos y otros, teóricos y prácticos, pasan a la segunda parte del famoso aforismo de Ausubel: *“actúe en consecuencia”*. Actuar es planificar estrategias de acción, estrategias didácticas, modelos de instrucción que pretenden *“el cambio”*, la sustitución de esos errores, ideas falsas, conocimiento no científica y contextualmente aceptado, en definitiva, que está en las mentes de nuestros estudiantes (como Norman nos dirá, más adelante) por el que la comunidad ha reconocido como conocimiento que se debe aprender. Nótese que se han utilizado cambio, sustitución. Lo que el alumno sabe es importante para su aprendizaje, es su diagnóstico porque explicita *“lo que hay que extirpar”*; la acción es, en este sentido, médica: se elimina lo que no funciona y se sustituye por lo que es validado como bueno. Es la época del cambio conceptual, inmediato, mecánico, muy positivista.

Nuevamente, cuando acudimos a la bibliografía nos encontramos con abundantes referencias que dan cuenta de intentos e intentos por modificar aquellas representaciones que no dieron los resultados esperados. Pero algo muy importante sí que se consiguió. La experiencia seguida permitió categorizar mucho mejor esas representaciones y nos ofreció sus rasgos más característicos, digamos, nos obligó a reformular el concepto de representación, así como su papel en los procesos de procesamiento de la información, en definitiva, en los procesos mentales. Esas representaciones son “teorías individuales”, construidas por los sujetos de manera autónoma y con la intención de interactuar con el entorno, que resultan muy resistentes al cambio. Son implícitas y muy funcionales. Para muchos autores es discutible que sean específicas del contexto o genéricas, así como su carácter de estructuras coherentes o elementos aislados sin consistencia (Gutiérrez, 1996). Sus rasgos, en este momento, no se discuten y eso es producto de una construcción teórica. Pero, claro está, no nos resuelve el problema; digamos que estamos, en el terreno de la investigación y de la docencia en el “averíguese esto” de Ausubel, pero tenemos que actuar de acuerdo con ello.

Frente a los logros y decepciones, ante los esfuerzos de descripción realizados hasta ahora, hemos de plantear nuevos rumbos, dejar, en cierto sentido, de lado el terreno empírico, un terreno que ya está suficientemente abonado, y pasar a la modelización (Pintó, Aliberas y Gómez, 1996; Gutiérrez, 1996). Estamos en situación, pues, de abordar el estudio de las representaciones desde otras perspectivas teóricas, con otros enfoques; tendremos que atender a algo más que a su diagnóstico y a su catalogación y buscar los mecanismos intrínsecos que las sustentan. *“Asumiendo que construimos representaciones internas del mundo en lugar de aprehenderlo directamente, debe ser posible que el estudio de la estructura de estas representaciones nos suministre una mejor comprensión de los procesos de aprendizaje de nuevas estructuras conceptuales”* (Greca y Moreira, 1997, pág. 712).

Posiblemente, atender a esta estructura, a los mecanismos intrínsecos de la misma o, cuanto menos, a una explicación coherente sobre dichos mecanismos, nos aporte algo de luz en nuestra tarea de comprender el funcionamiento de la mente para, con ello, mejorar los procesos de aprendizaje. Y esa estructura parece guardar relación con la construcción de modelos que permiten interactuar con la realidad, con el mundo o ¡cuanto menos, otra vez! podrían explicarse consistentemente recurriendo a la idea de modelo, “modelos mentales” como elementos articuladores de aquellas representaciones, como modos de representación que son individuales, autónomos, que permiten interactuar con el mundo, resistentes al cambio y funcionales.

“El uso del término <modelo> va aumentando sensiblemente en la última década” (Krapas y col., 1997, pág. 5) y eso no debe ser casual. La revisión bibliográfica realizada por Krapas y col. (1997) se centra en la aparición y usos de “modelo” y el aumento que han detectado del mismo ¿es cuestión de moda o necesidad, a juzgar por lo anteriormente expuesto, de buscar nuevos referentes teóricos que den cuenta de los procesos de razonamiento y, por ende, de los procesos de enseñanza y de aprendizaje? Parece razonable optar por lo segundo, pero hay algo que es curioso: aumenta la aparición del concepto “modelo” en contextos relacionados con consenso científico, con jerarquización conceptual y con modelización como estrategia de enseñanza, pero no aumenta del mismo modo la frecuencia de la consideración de modelos mentales o modelos pedagógicos. No se adopta fácilmente “modelo mental” para designar el

pensamiento de los estudiantes, su modo de modelizar el mundo, de manera generalizada; no se están estudiando con la profundidad deseada por tantos autores que, como Pintó y col., (1996) y Gutiérrez (1996), consideran insuficientes los logros actuales, las representaciones desde esta perspectiva aún en muchos entornos de investigación, hasta fechas recientes, sino que se siguen tratando aún como ideas alternativas, ideas espontáneas, representaciones mentales, errores conceptuales, etc, conclusión que se desprende del trabajo comentado de Krapas y col., (1997). Por lo que se ve, parece difícil aceptar que *“en la investigación en la enseñanza de las ciencias, la década de los setenta fue la de las concepciones alternativas y la de los ochenta, la del cambio conceptual. Es muy posible que estemos hoy, en los años noventa, viviendo la década de las representaciones mentales, en particular de los modelos mentales”* (Moreira, 1997, pág. 37).

El constructo de “modelo mental” nos puede suministrar esa nueva plataforma de análisis, esa nueva aproximación de la que hablábamos, que nos permita hacer nuevas inferencias, ensayar nuevas vías que conduzcan a la comprensión del mundo por parte de los individuos, que los capacite para aprender. Como hipótesis, por tanto, y atendiendo a las limitaciones de planteamientos históricamente anteriores, merecerá la pena intentar obtener frutos partiendo de los modelos mentales como marcos teóricos de referencia de y para la investigación.

“Las teorías sobre modelos mentales (Gentner y Stevens, 1983; Johnson-Laird, 1983) son centrales en la investigación en ciencia cognitiva, por los modos en que caracterizan las relaciones entre el pensamiento y sus símbolos. Aprender acerca de algo, llegar a comprenderlo, es, en el modo de hablar normalmente de la ciencia cognitiva, construir un modelo mental”(Resnick, 1989, pág. 4, citado por Gutiérrez, 1996, pág. 75).

En la misma línea de la cita anterior, aprender acerca de las representaciones, aprenderlas para poder utilizarlas, es construirlas e interpretarlas como modelos mentales, así como, consecuentemente con ello, construir un modelo mental de su funcionamiento y de su significado.

2.1.2.- ¿Por qué modelos mentales?

“Las visiones de las personas del mundo, de sí mismas, de sus propias capacidades y de las tareas que se les requiere que desempeñen o los tópicos que se les pide que aprendan dependen fuertemente de la conceptualización que hacen de la tarea. En interacción con el medio, con otros y con los artefactos de la tecnología, las personas forman modelos mentales internos de sí mismas y de las cosas con las que interactúan. Estos modelos suministran poder predictivo y explicativo para la comprensión de la interacción” (Norman, 1983, en Gentner y Stevens, 1983, pág. 7).

Así empieza Norman un capítulo titulado “Algunas observaciones sobre Modelos Mentales”. Es una manera de caracterizar el constructo “modelo mental” que nos permite adentrarnos en su papel como forma de representación y nos da pie para analizar su significado en el contexto que nos ocupa. Como ya se ha expresado, “modelo” está apareciendo últimamente con cierta frecuencia en la literatura y muchas veces se utiliza, como Krapas y col., (1997) han mostrado, en un terreno teórico,

conceptual o de estrategias de intervención, pero menos referido a lo que nos apunta la cita de Norman.

La ciencia en sentido estricto, el conocimiento que tradicionalmente se ha considerado científico, que proviene de la Física, la Química, la Biología, la Geología y afines, es una ciencia y es un conocimiento que se ha articulado a lo largo de la historia, de su historia, a través de modelos: modelos de interpretación, modelos de análisis, modelos de aproximación para intentar aprehender el mundo, la realidad que se estudiaba. Esos modelos han derivado en las muchas teorías que podríamos relacionar que no son más que eso: ¡modelos explicativos! que dan cuenta, una cuenta dentro de las posibles, de los cómo y de los por qué de esa realidad, de ese mundo. Y esos modelos, esas teorías, han evolucionado a lo largo del tiempo, a través de la historia, y han ido cambiando, incluso drásticamente en algunos casos. Hoy por hoy constituyen auténticos modelos conceptuales que tienen un cuerpo específico de conocimiento (una semántica) y una forma propia de trabajarlo, validarlo y ampliarlo (una sintáctica); pero no nacieron como modelos conceptuales sino que lo hicieron como modelos individuales, ¡mentales! de determinadas personas que, contrastados y negociados en un proceso colectivo, adquirieron carácter social y reconocimiento como tales modelos conceptuales. Esos modelos mentales, individuales, son modos de representación de fenómenos, de hechos, del mundo, en definitiva, de los científicos, de los investigadores. Por eso es por lo que el uso de modelos, la modelización, es tan importante en la ciencia, para la ciencia y para su enseñanza. Y por eso también es probable que a la hora de descender al terreno psicológico, de pretender averiguar qué ocurre en la mente de las personas para aprehender esa realidad, ese mundo, y cómo se procesa esa información, una información que, evidentemente, no se circunscribe solamente al conocimiento científico tradicionalmente considerado, el ámbito de la “ciencia escolástica” sea un terreno más adecuado que los demás, un terreno abonado, si bien es verdad que la bibliografía aporta datos relativos al poco uso de esos modelos “científicos” en las estrategias de instrucción en el aula, a la ausencia de modelización, a la mala aplicación y a las confusiones o al peligro de las analogías utilizadas incorrectamente, etc.

En todo caso, si, como señala la historia de la ciencia, el conocimiento se ha construido a través de modelos, parece razonable aceptar que en cada individuo, en su aprendizaje, ocurra lo mismo y que sean los propios modelos de interpretación de su mundo (como en la historia del conocimiento, los anteriores) los que actúen como marcos teóricos de referencia, ¡sus marcos teóricos!; de este modo, ¡sus marcos teóricos! constituyen las representaciones que median entre él o ella como individuo y la realidad, el mundo. Desde esta perspectiva, las representaciones tienen un carácter diferente al habitualmente considerado y no es suficiente su catalogación, su descripción; como plantea Gutiérrez (1996), hay que pasar a la acción y la consideración de esas representaciones como modelos mentales ofrece un campo plausible, inteligible y fructífero (una vez mostrada la insuficiencia de los planteamientos anteriores) que justifica ¡el cambio de paradigma! en este conocimiento, en esta área de la psicología que, consecuentemente, reportará beneficios en las enseñanzas específicas en todas y cada una de las áreas.

Como vemos, hablamos de representaciones en un doble nivel: el nivel de “a pie de obra”, el práctico (el de aquellos docentes que empezaron con ello a hacer investigación), el que nos ha llevado a estudiar las representaciones del alumnado

durante una década en nuestras aulas, para pretender cambiarlas, lo que nos ha llevado otra década y, al final, nos ha hecho aterrizar en los modelos mentales en el presente, en un intento por averiguar cómo mejorar los procesos de aprendizaje que nos ha hecho ver la necesidad de abordar los mecanismos mentales de procesamiento de la información. Y es curioso que se hable de modelos mentales desde 1983 y durante tanto tiempo no se hayan utilizado con más frecuencia como marco teórico de referencia en este contexto ni con estos fines. ¡No era el momento! El entorno en la década de los ochenta se definía por el cambio conceptual, como Moreira (1997) nos planteaba, un cambio que no se produjo en las aulas, en los estudiantes, y que nos ha obligado, precisamente, a aunar esfuerzos, a integrar otros conocimientos, a tocar en otras puertas y a que hagamos fluir ¡y procesar! otras informaciones; nos ha llevado a ese otro nivel de análisis de las representaciones, un nivel psicológico, como veíamos ya en el capítulo anterior, que también tiene una densa y dilatada historia en la investigación sobre los modos de hacer y de pensar de la mente humana en términos generales y no tanto en ámbitos y contenidos específicos. Parece pertinente desde esta perspectiva, establecer los límites de lo que son distintas formas de representación del conocimiento y hacerlo por comparación con lo que representan los modelos mentales como constructo que, cuanto menos hoy por hoy, constituyen el paradigma de la década de los noventa y se espera que sea prometedor, más prometedor en los frutos que pretendemos “cosechar” de cara a aumentar nuestro conocimiento sobre esos modos de procesar la información que caracterizan a los seres humanos. Para ello, hacemos uso del resumen elaborado por Barquero (1995) que se expone en el siguiente cuadro (Tabla nº 1):

Tabla 1. Resumen de las diferencias principales entre los modelos mentales y otros tipos de representación interna. (Barquero, 1995).

Representaciones perceptivas	Modelos mentales
<ul style="list-style-type: none"> ● De carácter analógico en mayor grado. ● Sirven de soporte de la estructura analógica de los modelos mentales. 	<ul style="list-style-type: none"> ● De carácter analógico-simbólico. ● Sirven de soporte referencial del lenguaje.
Imágenes	Modelos mentales
<ul style="list-style-type: none"> ● Implican un grado mayor de aproximación analógica a la realidad. ● Incluyen información fundamentalmente visoespacial. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Suponen un menor grado de aproximación analógica a la realidad. ● Incluyen otros tipos de información, no sólo perceptiva.
Esquemas	Modelos mentales
<ul style="list-style-type: none"> ● Son estructuras de conocimiento almacenadas en la memoria a largo plazo. ● Incluyen información más de carácter genérico y abstracto. ● Por su carácter estereotipado, permiten la realización de inferencias a modo de “asignación de valores por defecto” a determinadas variables. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Son estructuras de información que se construyen fundamentalmente en la memoria de trabajo. ● Incluyen información de carácter específico y episódico. ● Por su carácter novedoso o creativo, permiten realizar inferencias que implican la elaboración de cierta información.
Representaciones proposicionales	Modelos mentales
<ul style="list-style-type: none"> ● Su estructura semeja la estructura sintáctica de las expresiones lingüísticas. ● Todas las propiedades y las relaciones relevantes entre sus elementos componentes han de ser explicitadas. ● El acceso a cierta información requiere la mediación de reglas de inferencia formales. ● Son representaciones abstractas, descripciones de series de entidades, situaciones, etc. ● Son de carácter analítico y “descomposicional”. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Su estructura es análoga a la de la situación que representan. ● Algunas propiedades y relaciones estructuralmente relevantes se encuentran implícitas en el modelo. ● El acceso a cierta información puede ser inmediato. ● Son representaciones esencialmente concretas, de estados de hechos finitos. ● Son de carácter sintético e integrador.

A la vista del cuadro anterior, un modelo mental es una representación con entidad propia y con características que lo definen con nitidez; estas características son acordes con lo que habíamos visto ya que caracterizaba a las representaciones y justificaba las dificultades de aprendizaje a partir de ellas. Pero, como vemos, son algo más que lo que inicialmente se consideró; son modos de operar mentalmente, modos de actuar que, como decía Norman (1983), tienen poder predictivo y explicativo que, nuevamente Barquero (1995) caracteriza de manera acertada a través del cuadro siguiente (Tabla nº 2):

Tabla 2. Esquema de las características definidoras de los modelos mentales. (Barquero, 1995).

Modelos mentales	
Referenciales	Son representaciones simbólicas de los referentes del discurso.
Concretos	Generalmente representan fenómenos o estados de hechos específicos y finitos.
Simplificados e incompletos	Suponen una reducción de la información a los aspectos más relevantes de la situación referida.
Dinámicos y flexibles	Se transforman progresivamente con la aparición de nueva información relevante.
Análogos	Presentan una analogía estructural y funcional respecto al estado de hechos o el fenómeno que representan.
Limitados	Se atienen en su construcción y manipulación a los límites de la memoria de trabajo.

“Modelos mentales” como constructo, como ya se ha expresado, puede ser una salida, puede suponer un punto o elemento de inflexión que aúna esfuerzos pero que también tiene importantes implicaciones.

“Los modelos mentales de las personas son aptos para ser deficientes en un número de maneras, quizás incluyendo contradictorios, erróneos e innecesarios conceptos. Como diseñadores, es nuestro deber desarrollar sistemas y materiales instruccionales que ayuden a los usuarios a desarrollar modelos mentales más coherentes y utilizables. Como docentes, es nuestro deber desarrollar modelos conceptuales que puedan ayudar al aprendiz a evolucionar hacia adecuados y apropiados modelos mentales. Y como científicos que estamos interesados en el estudio de los modelos mentales de las personas, debemos desarrollar métodos experimentales apropiados y descartar nuestra esperanza de encontrar pulcros, elegantes modelos mentales, sino en lugar de eso aprender a comprender los revueltos, enlodados, incompletos y estructuras indistintas que las personas realmente tienen (Norman, 1983, en Gentner y Stevens, 1983, pág. 14).

Diseño, docencia e investigación son los ámbitos en los que, como veremos en el apartado siguiente, y de acuerdo con Norman, han reflejado el uso del término modelo mental; ese uso en esos contextos nos permitirá seguir profundizando en el significado que para el mismo se ha ido construyendo y, por tanto, permitirá adquirir una visión más precisa y delimitada, aprender un modelo conceptual que dé pie a la construcción del modelo mental correspondiente (también Norman -1983- apunta la sana pretensión de que la escuela, la enseñanza y el aprendizaje, ¡incluso a nivel de postgrado! debe acercar y hacer corresponder ambos modelos).

2.1.3.- Distintas tendencias y perspectivas en el estudio de modelos mentales

“Es importante advertir que los modelos conceptuales son inventados por las personas que operan mentalmente con modelos mentales. Es también importante observar que para identificar modelos mentales de otras personas es preciso tener un

modelo de modelo mental, un modelo conceptual de modelo mental” (Moreira, 1997, pag. 10). Más adelante podremos profundizar en las sutiles diferencias planteadas que nos aporten la construcción del modelo que requerimos para comprender, analizar y aprender de y sobre las representaciones, como se comentaba en el apartado correspondiente a las mismas. Pero en este momento no parece que se haya explicitado claramente a qué nos estamos refiriendo; Norman nos da la pauta sobre una primera aproximación al constructo pero esto no nos es suficiente. ¿Qué es lo que se está entendiendo por “modelo mental” ? ¿Qué significado se le está dando a este constructo? ¿Es el mismo para todas aquellas personas que lo usan en sus documentos o se hace necesaria una negociación, un debate que haga posible la comunicación en este terreno? Estas cuestiones no son triviales; la bibliografía, como tendremos ocasión de ver, ofrece abundantes referencias a modelo, en general, y a modelo mental, en particular, en contextos diferentes, desde perspectivas diferentes y con significados y usos también diferentes. Por eso es necesario explicitar esos significados y usos en aras de facilitar su comprensión o, cuanto menos, de contribuir en esta tarea que, desde este punto de vista, no pretende dar cuenta de todo lo publicado al respecto sino, solamente, brindar elementos de reflexión y discusión que nos permitan construir, precisamente, ese modelo conceptual, ¡también mental!, que actúe de marco de referencia en nuestras investigaciones sobre los procesos mentales y en nuestras acciones relativas a los procesos de aprendizaje y de enseñanza que aquéllos permiten y condicionan.

“Resolvemos algunos problemas modelándolos de acuerdo con nuestros modelos mentales del mundo, el espacio, el tiempo y el objeto: así lo afirma Johnson-Laird” (Norman, 1983, en Gentner y Stevens, 1983, pág. 22). Y nosotros tenemos que resolver cómo funciona la mente humana, qué hace para interpretar ese mundo, qué procesos sigue para representarlo; tendremos, pues, que modelar el problema, buscar un modelo que dé cuenta de cómo ocurre eso y de por qué ocurre así. Quizás por eso hemos tenido que recurrir a modelos mentales. Pero los problemas, ¡el problema!, no es el mismo para todos ni se interpreta de igual manera por parte de todos porque, de hecho, se ve y se interpreta en función de las propias representaciones, de los modelos individuales. Ver, por tanto, el significado, ¡los significados! que se le atribuyen es importante porque determinarán distintos modos de modelar esos procesos, distintas formas explicativas, distintos tipos y estrategias de investigación, distintas maneras de intervención, Antes de que nos centremos en esto, en sentido estricto, y siempre teniendo en cuenta, como ya se ha expresado, que no se pretende una revisión exhaustiva, parece conveniente diferenciar algunas clasificaciones o tipificaciones que actúen de marco de referencia en dicha revisión. La posición de Norman (1983) en lo que al constructo “modelo mental” se refiere se ha adelantado, pero, quizás, lo que mayor valor tiene de su planteamiento es la distinción (que también ya se ha apuntado) entre modelos mentales y modelos conceptuales.

“Los modelos conceptuales se han inventando como instrumentos para la comprensión o la enseñanza de sistemas físicos. Los modelos mentales son lo que las personas realmente tienen en sus cabezas y lo que guía su uso de las cosas. Idealmente debería haber una relación directa y simple entre los modelos conceptuales y mentales. Sin embargo, a menudo éste no es el caso”. (op. cit., pág. 12).

Esta apreciación es importante porque está claro que son modelos distintos (ya se había avanzado) y podemos caer en el error de dar como modelo mental algo que es

un modelo conceptual “aprendido”; por esto es por lo que debemos averiguar los modelos mentales de los estudiantes para acercarlos a los modelos conceptuales y esto, claro está, tiene importantes consecuencias para la enseñanza. Esto es lo que hace necesario, así mismo, investigar sobre el propio contenido, su análisis, su organización, los modelos conceptuales que se definen y se pretenden enseñar, en definitiva. Se plantea también, en el fondo, una cuestión metodológica: un posible error que debemos evitar para no confundir ambos significados, ambos modelos.

Una categorización diferente ofrecen Krapas y col., (1997) al hilo de la revisión bibliográfica que han llevado a cabo y que ya se ha comentado; el objeto de la misma se centró en el uso del término “modelo” en diferentes trabajos de investigación. Establecen cinco categorías:

- modelo mental: es un modelo personal expresable y expresado.
- modelo consensual: se corresponde con los modelos científicos, con las teorías de las que antes se hablaba. Son modelos compartidos socialmente y que surgen con finalidad comprensiva y explicativa.
- modelo pedagógico: son modelos que se construyen para la enseñanza y el aprendizaje como mediadores didácticos.
- meta-modelo: es un modelo también compartido socialmente cuya finalidad es comprender y explicar modelos mentales y modelos consensuales.
- modelización: se centra en la competencia del estudiante para construir modelos.

Éstas son las categorías que derivan los autores de los trabajos que han revisado. Como se ve, se trata de significados, también, marcadamente diferentes.

Rodrigo (1993) plantea una clasificación relativa a “modelo mental” que la autora caracteriza como niveles de modelaje mental. Un modelo mental manipulativo se centraría en las intenciones y las metas que conducen a un programa de acción. Un modelo mental pragmático se centra más en la manipulación de los objetos y en el valor de las metas y, por tanto, es más práctico. Y, por último, un modelo mental psicosocial conduce a la aplicación, tanto de objetos como de personas y a interacciones entre esos elementos. Como vemos, se trata de un enfoque diferente a los anteriores pero que también parece útil para delimitar otros significados y puntos de vista relativos al término.

Barquero (1995) desarrolla una extensa revisión del concepto “modelo mental” admitiendo que se produce en el momento presente, y como acaba de quedar de manifiesto, una gran diversificación conceptual; a partir de aquí, delimita dos líneas fundamentales de conceptualización, investigación y aplicación marcadamente diferentes que le permiten desarrollar la revisión comentada tipificando los diferentes trabajos en cada una de estas vertientes. Estos dos planteamientos teóricos, curiosamente, de acuerdo con la autora, surgen a raíz de la publicación de sendas obras (Gentner y Stevens y Johnson-Laird) en el mismo año (1983). ¿Cuáles son esas vertientes? Se han etiquetado como vertiente instruccional (centrada en el conocimiento natural de las personas), cuya idea fundamental es *“que los sujetos construyen y manipulan una serie de modelos mentales a partir de su experiencia directa con el mundo, que les permiten entender, explicar y predecir ciertos fenómenos del mismo, así como resolver diversas tareas y problemas que se plantean en relación con distintos dominios”* (Barquero,

1995, pág. 7); y *vertiente teórica*, centrada en que “*los seres humanos razonan sobre el mundo (tanto real como ficticio) utilizando su capacidad de construcción, manipulación y evaluación de modelos mentales que son análogos estructurales de ese mundo, es decir, representaciones que reflejan la estructura del estado de hechos en el mundo*” (op. cit., pág. 8). Como vemos, la primera se centra más en el trabajo diario del aula, es más instrumental y descriptiva, parte de que se construyen y manipulan esos modelos mentales, mientras que la segunda pretende ser una teoría explicativa de los procesos mentales, que se centra en cómo se construyen esos modelos y se razona con ellos, articulada en torno a los presupuestos de Johnson-Laird. El cuadro siguiente (Tabla nº 3), extraído de Barquero (op.cit., pág. 26) muestra sus discrepancias y coincidencias.

Tabla 3. Esquema de las divergencias y coincidencias observables en el planteamiento acerca de los modelos mentales de las vertientes teórica e instruccional (Barquero, 1995).

VERTIENTE TEÓRICA	DIVERGENCIAS	VERTIENTE INSTRUCCIONAL
Analógica	<ul style="list-style-type: none"> ● Naturaleza simbólica ● Ámbitos de aplicación 	Proposicional
Razonamiento y comprensión del discurso		Conocimiento sobre el mundo físico y tecnológico
	COINCIDENCIAS	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Énfasis en el papel funcional de los modelos mentales ● Ambigüedad en cuanto a la ubicación de los modelos mentales en la MCP y en la MLP. ● Importancia del carácter dinámico de los modelos mentales. ● Limitaciones en los intentos de formulación computacional de los modelos mentales. 	

Como se deriva de lo anterior, y ya se había expresado, la dispersión de sentidos atribuidos al término que nos ocupa es muy grande; lo expuesto no son más que cuatro formas o tipificaciones diferentes que nos permitirán ubicarnos en este campo para ir delimitando esos significados y para ir perfilando, ¡construyendo!, un modelo al respecto, el modelo conceptual que nos deje aprehender algo de este complejo mundo, o sea, que actúe como intermediario en nuestra construcción del modelo mental que requerimos para abordar la investigación posterior. Si observamos nuevamente esas categorías, podemos incluso establecer algunas conexiones, ya que, por ejemplo, los modelos consensual, pedagógico o incluso meta-modelo de Krapas y col. (1997) podrían corresponderse con el modelo conceptual de Norman, (1983), puesto que se refieren al contenido en sí mismo y no a lo que está en la mente de los sujetos (lo que, por otra parte, no quiere decir que no hayan sido modelos mentales en su momento, en la historia de la Ciencia). El modelo mental según Rodrigo (1993) es, efectivamente, equiparable a modelo mental en las otras perspectivas (Norman, 1983; Barquero, 1995, Krapas y col., 1997) en el sentido de que refiere a la mente del sujeto, pero cuando se clasifica, se explica en términos de niveles de modelaje, lo que podría interpretarse como una modelización (Krapas y col., 1997). Barquero (1995) hace referencia exclusivamente a esos modelos mentales, pero no clasifica sus tipos o sus fases, sino la perspectiva desde la que se analiza, es decir, la finalidad que se le atribuye. En ese sentido, es la tipificación que más va a actuar de marco de referencia ya que es el enfoque que más información nos va a dar sobre los procesos mismos de pensamiento y su forma de abordarlos en la investigación educativa y, por tanto, la que mejor nos va a

permitir analizar la génesis del constructo “modelo mental”, lo que justifica que se haya explicado en último lugar.

Con el sustrato expuesto, que nos permite interpretar, como mínimo, en una primera aproximación, pasemos a analizar lo que la bibliografía nos ofrece con la intención de que podamos ejemplificar algunas de estas posiciones y significados. Se desarrollará una exposición cronológica (alfabética dentro de cada año, ante la dificultad de delimitar algunas de las fechas concretas) porque se entiende que este extremo también ofrece una información significativa al respecto. Lo que se pretende hacer es mostrar cómo ven y usan diferentes autores el constructo que nos ocupa.

Norman (1983) considera los modelos mentales como estructuras que se desarrollan de modo natural, por interacción con el entorno, que no necesitan ser perfectos técnicamente pero sí funcionales. Para él, un modelo mental debe reunir tres requisitos básicos: debe ser aprendible, funcional y usable. Las mayores aportaciones de los planteamientos de Norman ya se han expresado en este documento, incluso con sus propias palabras y una de las más destacadas hace referencia a su distinción entre modelos mentales y modelos conceptuales.

Gentner y Gentner (1983) desarrollan un estudio y hacen una propuesta centrada en modelos mentales sobre electricidad; utilizan el flujo de agua o la circulación de personas como símiles porque parten de dos hipótesis: una primera de la terminología superficial, según la cual sólo usamos términos. Y una segunda hipótesis de la analogía generativa que defiende el uso de las analogías para generar inferencias; esta segunda hipótesis nos lleva a un modelo analógico según el cual *“las analogías seleccionan ciertos aspectos del conocimiento existente y el conocimiento seleccionado puede ser estructuralmente caracterizado”* (Gentner y Gentner, 1983, pág. 101). Estas analogías tienen una base o un carácter proposicional y suponen la generación o construcción de un dominio-diana a partir de un dominio-base del que es análogo, atendiendo a dos características: preservación de las relaciones y sistematicidad, de modo que se pueden hacer inferencias desde el dominio-base hasta el dominio-diana porque la estructura, lo que son las relaciones, se mantiene independientemente de los conceptos que, de este modo, resultan irrelevantes. En cierto sentido, recuerda a la teoría de esquemas y lo que ésta plantea para su activación. Gentner y Gentner parecen estar llamando modelo mental al dominio-base. *“Nuestra investigación y la de otros investigadores sugiere que esos modelos de dominio, sean correctos o incorrectos, son llevados a cabo en inferencias analógicas en otros dominios”* (op. cit., pág. 126). El proceso de construcción de modelos se debe o se justifica por el establecimiento y desarrollo de inferencias y, para ello, el uso de analogías generativas constituye un elemento importante si bien, no tan potente como se esperaba a juzgar por los resultados y comentarios que aportan los propios autores. La investigación se ha desarrollado estableciendo “a priori” los elementos que simulan el comportamiento eléctrico tanto en la analogía del flujo del agua como en la de personas circulando a través de unas puertas. El procedimiento seguido para determinar los modos de pensar de los sujetos de la investigación consistió en un cuestionario con explicación y posterior comparación; con ello, los autores definieron los modelos mentales así como las posibilidades de uso de las analogías generativas. Situaríamos, pues, este trabajo en la vertiente instruccional ya comentada, como intento de acercar modelos conceptuales a modelos mentales, de hacer evolucionar éstos últimos, de cara a alcanzar un modelo psicosocial, en términos de Rodrigo.

Williams, Hollan y Stevens (1983) centran su atención en el razonamiento humano sobre sistemas físicos simples. Los modelos mentales para ellos “*están compuestos por objetos autónomos con una topología asociada, que son controlables por medio de inferencias cualitativas locales y que pueden ser descompuestos*” (Williams, Hollan y Stevens, 1983, pág. 133). Un objeto autónomo es, por tanto, un objeto mental que supone una representación explícita de estado, una representación explícita de sus relaciones topológicas con otros objetos y un conjunto de parámetros internos; todo ello llevaría al sujeto a determinar una conducta. Estos objetos autónomos, según los autores, son intentos de capturar las intuiciones diarias de los objetos que constituyen el mundo real de los individuos. Desarrollar esto a través de modelos que, incluso, pueden descomponerse e incluirse unos en otros, tiene grandes ventajas pues permite hacer inferencias correctas, inferencias incorrectas y vacilaciones; esto se constituiría en una cuestión metodológica ya que podrían ser categorías de análisis de la información obtenida a través de las entrevistas que han desarrollado. Pero para hacer estas inferencias y para mostrar vacilaciones, los objetos autónomos no son suficientes, por lo que los autores incorporan un elemento a sus modelos: los puertos que son las estructuras que permiten y comunican la información. Williams, Hollan y Stevens asumen “*que el sujeto comienza con un conjunto de heurísticos básicos para la creación de modelos mentales*” (op. cit., pág. 150); los heurísticos básicos en interacción con el conocimiento experiencial determinan como resultado los objetos autónomos y esto supone empleo de cálculo interno de objetos e interacciones permisibles entre los mismos, procesándose esa información a través de los puertos. De este modo, es posible el uso de modelos múltiples que para los autores “*es uno de los rasgos cruciales del razonamiento humano*” (op. cit., pág. 148). Se desprende de los comentarios de los autores, en relación con la experiencia que han desarrollado, que a lo largo de las entrevistas los individuos van modificando sus propios modelos haciéndolos evolucionar; podríamos admitir, por tanto, que se trata de modelos descriptivos enmarcados en un enfoque o vertiente instruccional.

De Kleer y Brown (1983) desarrollan una propuesta o modelo de trabajo que tiene por objeto investigar lo que han llamado modelos mentales mecánicos, así como las ambigüedades que surgen cuando se analiza un aparato cualitativamente. Los autores se sorprenden de la enorme dificultad que han encontrado a la hora de que la mente humana modelice y prediga consecuencias del funcionamiento de un aparato. Consideran su planteamiento como una simulación cualitativa y destacan que es necesario distinguir ésta como proceso de los resultados del mismo. “*Un proceso de simulación opera con una representación que describe el aparato, produciendo otra representación que describe cómo funciona el aparato*” (De Kleer y Brown, 1983, pág. 156). Para conseguir la modelización que pretenden, plantean cuatro nociones que relacionan con una teoría de razonamiento cualitativo:

- Topología del aparato: representación de su estructura, de sus elementos estructurales.
- Visionamiento (envisioning): inferencia del proceso que determina su función; esto viene dado por la estructura del aparato.
- Modelo causal: descripción del funcionamiento del aparato.
- Funcionamiento (running): producción de la conducta específica del aparato.

“La estructura y el funcionamiento del aparato se representan por algún esquema de representación del conocimiento” (op. cit., pág. 158). Esta consideración nos sitúa dentro de la vertiente instruccional antes comentada. Los autores plantean un modelo que es causal y que supone ver la máquina o simularla “en el ojo de la mente”. “El modelo causal identifica qué atributos causan los componentes de la conducta y qué atributos son causados por las reglas componentes, distingue las entradas y las salidas de cada componente” (op. cit., pág. 165). El modelo requiere constituyentes, que lo son del aparato, conexiones, que comunican información, conductos y atributos; variaciones en estos elementos suponen variaciones en los conductos del aparato y, por lo tanto, responde en función de la causa ideal. Una simulación, según los autores, debe ser consistente, correspondiente y robusta; estos criterios resultan de evidente importancia en un modelo causal como el que proponen. El modelo tiene que ser consistente en el sentido de que tiene que estar libre de contradicciones internas; correspondiente en el sentido de que debe ser fiel al aparato que simula; y, por último, robusto en la medida en la que debe ser útil en situaciones no usuales. Como vemos, se plantea la modelización (Krapas y col., 1997) para el establecimiento del modelo causal; supondría también el nivel de modelaje del modelo mental pragmático de Rodrigo (1993).

Hutchins (1983) estudia los procesos mentales que conducen a los nativos de la Micronesia a desarrollar la comprensión de la navegación y a ejecutarla. Estos nativos son capaces de llevar a cabo estos viajes orientándose perfectamente sin necesidad de los aparatos usuales en la navegación occidental. Para ello hacen uso de las posiciones relativas del Sol, la Luna y, fundamentalmente, las estrellas y las islas ETAK, que pueden ser reales o imaginarias. La forma en la que llevan a cabo esta navegación es incomprensible para un marino de la civilización occidental; se centran en la posición de la isla-emergencia, orientación a través del cálculo de la distancia ya recorrida, para lo que se ayudan de la experiencia (conocimiento de la duración del viaje y de la distancia) y orientación por cálculo de la isla-emergencia o por fracciones de distancia por comparación con el horizonte. El autor del trabajo hace referencia a que esto es posible para los nativos “porque el navegador visualiza en su ojo de la mente”. “No sólo tiene una imagen visual que representa la extensión del viaje en el espacio, también tiene una que representa el viaje y sus subetapas en tiempo real” (Hutchins, 1983, pág. 212). Ésta viene a ser la conceptualización de modelo mental que justifica la capacidad desarrollada por estos navegadores. La construcción mental de un modelo para representar el viaje, un modelo que responde a lo que se acaba de destacar en palabras del autor, libera al usuario de todos los problemas y resuelve las contradicciones que se han encontrado en otras explicaciones centradas en las formas de actuar de estos navegadores; no en vano, esta capacidad de los nativos ha atraído la atención de varios investigadores. El modelo en realidad consiste, a juzgar por la información obtenida a través de entrevistas con navegadores y de su observación, en una imaginación del viaje en distancias (recorrido) y en tiempo, para lo que no hace falta calcular distancias reales; el modelo requiere esa tercera isla de la que se ha hablado pero como referencia, no siendo necesario calcular nada. “El modelo básico de construcción de la imagen del movimiento de la isla de referencia en el horizonte es casi ¡desde luego! correcto” (op. cit., pág. 222). Está claro que se trata de una interpretación, que es una valoración cualitativa de la información obtenida, pero es una explicación, una interpretación plausible. “La caja de herramientas de los navegadores de la Micronesia es su mente” (Hutchins, 1983, pág. 223). El autor plantea sutilmente una cuestión metodológica que merece ser destacada: se interpretan los modelos

mentales de los navegadores de la Micronesia, los modelos de representación de los nativos, usando como referencia los modelos de representación de los que los investigan que, lógicamente, se ajustan más a la navegación occidental. Cuanto menos, la reflexión al respecto es pertinente, así como otro tema, no metodológico sino formal o teórico de fondo, que a la larga resultará crucial y que guarda relación con la conciencia del modelo; el autor comenta de manera un tanto explícita que los navegadores de la Micronesia no son conscientes de los modelos que construyen en la medida en que no son capaces de ofrecer una buena explicación de los procesos mentales que siguen. El modelo propuesto por Hutching para la navegación en la Micronesia responde a un contenido específico y maneja el conocimiento sobre el mundo físico representado por los nativos, por lo que se situaría en la vertiente instruccional de Barquero (1995); constituiría, evidentemente, un modelo mental en términos de Norman (1983) y de Krapas y col. (1997).

Greeno (1983) analiza las entidades conceptuales en un intento por determinar los modos de razonamiento de los individuos frente a la resolución de problemas; su campo de trabajo se centra en las matemáticas. *“Un sistema razona directamente acerca de un objeto si tiene procedimientos que toman el objeto como un argumento”* (Greeno, 1983, pág. 227). Las entidades conceptuales requieren el reconocimiento de un objeto como argumento pero, además, el autor hace explícita la necesidad de disponer de procedimientos para razonar. Por lo tanto, el funcionamiento de la mente se articularía en torno a entidades, atributos de esas entidades y relaciones que se establecen entre las mismas; las entidades se usan para computar los atributos o las relaciones como elementos o señales. Las entidades surgen a partir de representaciones iniciales y se mantienen una vez que se han creado, mientras que los estados intermedios hasta llegar a las mismas no se mantienen. Habría que preguntarse cómo diferencia el sistema cognitivo una cosa de la otra. El autor define la ontología del dominio como aquello que dice qué términos pueden referirse a entidades y cuáles sólo refieren atributos o relaciones. El constructo “ontología del dominio” le permite postular cuatro hipótesis:

- 1.- *“Es un factor significativa en la formación de analogías entre dominios”.*
- 2.- *“La ontología determina la clase de información que está disponible para el razonamiento usando métodos generales”.*
- 3.- *“La ontología del dominio tiene una consecuencia obvia para la eficiencia computacional”.*
- 4.- *“Parece probable que la ontología sea un factor significativa en la planificación”*(op. cit., pág. 227-228).

Un modelo es, pues, lo que permite representar y para ello tiene como elementos las entidades, atributos y relaciones que comentábamos antes que operan en función de estas cuatro hipótesis. *“El conocimiento adquirido en aprendizaje significativo ilustra el papel que las entidades conceptuales pueden jugar en una representación de un problema”* (op. cit., pág. 233). Estas entidades conceptuales se manejan a través de procedimientos y se adquieren una vez que esos procedimientos se hayan aprendido como argumentos; tendrá que haber, por lo tanto, tanto en entidades como en procedimientos, un sustrato inicial sobre el que construir estos modelos. Para su identificación se han usado entrevistas grabadas y se han elaborado unidades didácticas y materiales de instrucción diferentes que se han contrastado con estudiantes comparando los resultados. Es, pues, una experiencia que constituye un claro ejemplo

de vertiente instruccional del constructo “modelo mental”, pues se centra en la detección de los mismos.

Gutiérrez y Ogborn (1992) llevan a cabo una investigación que se apoya en el planteamiento de modelo mental mecanístico de de Kleer y Brown, que ya se ha expuesto. El conjunto de procesos que lleva a su construcción *“atribuye al sistema cognitivo un compromiso ontológico básico del principio causal generativo: todo tiene una causa. Se concibe el razonamiento acerca y con un modelo como causal antes que legal: la distinción es entre explicaciones en términos de acciones y efectos como opuestas a explicaciones en términos de leyes y regularidades”* (Gutiérrez y Ogborn, 1992, pág. 202). Desde su punto de vista, la construcción del modelo supone: una representación del sistema, trabajo acerca de cómo debe funcionar, una simulación o imaginación del modelo en acción y una comparación del resultado imaginado con el objeto en la realidad. Los elementos y fases que definen el modelo son:

- 1.- Topología del aparato que es una representación de la estructura de su sistema físico. Este sistema contendrá materiales, componentes y conductas.
- 2.- Visualización (envisioning) que es una inferencia de cómo podría trabajar el aparato partiendo de su estructura; esta visualización ignora algunas causas y asume que los atributos desconocidos tienen un valor despreciable.
- 3.- Modelo causal que es el resultado del visionamiento y que debe atender a: localidad, asimetría, productividad, constancia y unicidad como criterios definitorios.
- 4.- Funcionamiento (running) que consiste en la imaginación de lo que haría el modelo causal, de cómo funcionaría. Este funcionamiento debe ser consistente, correspondiente y robusto.
- 5.- Episodios que se definen como los periodos o divisiones de tiempo en las que la explicación permanece igual, es decir, en las que no cambian las causas ni, consecuentemente, las consecuencias del modelo.

Como hemos dicho, es una aplicación inmediata a la investigación del constructo de modelo mental de de Kleer y Brown; el método elegido para obtener la información ha sido la entrevista clínica individual usando la técnica teach-back. Los sujetos de investigación son estudiantes de Enseñanza Secundaria con y sin instrucción previa sobre contenidos físicos. También se analizan otras experiencias desde este enfoque teórico como marco de referencia. Como se ha observado, se pretende determinar qué es lo que hay en las cabezas de los sujetos -vertiente instruccional-; el propio modelo mental mecanístico supone modelización (Krapas y col., 1997).

Nersessian (1992) utiliza la idea de modelo mental al exponer cómo piensan los científicos en un intento, como ella titula su trabajo, por capturar la dinámica del cambio conceptual en ciencia. El centro de atención, como vemos, es aportar elementos de juicio que nos permitan reflexionar, como ya apuntábamos, sobre el cambio conceptual que tan resistente se nos hizo y, para ello, aporta su visión sobre los procesos de construcción del conocimiento científico en las mentes, precisamente, de esos científicos, con la finalidad de que el resultado de este análisis se pueda traducir a las estrategias del aula. En este contexto es en el que Nersessian hace uso de modelos.

“El pensamiento acerca y en términos de una teoría necesita la construcción de modelos mentales. Mientras los conceptos científicos pueden

ser codificados proposicionalmente, su comprensión implica interpretación, i.e., construcción de un modelo mental de las entidades o procesos que ellos representan. Así, lo que los filósofos han venido llamando “significado” y “referencia” (i.e., interjuego entre palabras, mentes, y mundo) es, en esta visión, mediado por la construcción de modelos mentales que relacionan el mundo de maneras específicas” (Nersessian, 1992, pág. 10).

La autora plantea que los científicos usan analogías e imágenes cuando construyen una explicación de los fenómenos físicos, que, en definitiva, lo que hacen es explicitar sus propios modelos mentales; de este modo, le da un mayor valor o papel a las analogías, no simplemente como guías para pensar (como planteaban Williams, Hollan y Stevens, 1983) sino como elementos que hacen trabajo inferencial y, al mismo tiempo, generan soluciones de problemas. De este modo, los científicos (“duros”) llevan a cabo experimentos pensados o “experimentos de pensamiento”, que parecen ser representaciones proposicionales, para buscar soluciones a los problemas que se plantean. De aquí deriva su propuesta de un método de análisis cognitivo de la ciencia que pretende reconstruir el pensamiento científico en función de los significados de las teorías cognitivas. *“En un sentido fundamental, la ciencia es un producto de la interacción de la mente humana con el mundo y con otros humanos. Necesitamos encontrar cómo las habilidades cognitivas humanas y las limitaciones restringen la teorización científica y esto no puede determinarse a priori”* (op. cit., pág. 5). En este contexto es en el que se destaca la importancia de aunar esfuerzos entre filósofos, historiadores de la ciencia y científicos cognitivos para lograr mejores metas en relación con el cambio conceptual. El análisis histórico-cognitivo que Nersessian propone, y para el que necesitó el constructo de modelo, se centra en: una heurística de las analogías, razonamiento imaginístico, experimentos de pensamiento y análisis de caso límite, como vía para lograr ese cambio conceptual. *“Si negociamos el mundo por construcción de modelos mentales, los científicos pre y post-revolucionarios (la referencia es Kuhn -revoluciones científicas- y la inconmesurabilidad) podrían construir diferentes modelos mentales y podrían, así, verdaderamente, tener diferentes experiencias del mundo”* (op. cit., pág. 36). Como vemos, el uso que hace la autora de “modelo mental” podemos situarlo en la vertiente teórica puesto que refiere a modos de razonamiento y a la construcción de los mismos; en la medida en que se propone una reflexión sobre la forma de procesar mentalmente de los científicos, podríamos considerar que se utilizan meta-modelos en el sentido de Krapas y col. (1997). Supondría también un nivel de modelaje psicosocial (Rodrigo, 1993), puesto que se observa en esa construcción aplicación e interacciones.

Moreno, Sastre, Bovet y Leal (1993) presentan en esta breve reseña lo que es un pequeño resumen de una investigación en curso relativa a conceptos físicos, en concreto, la flotación. Consideran que la atribución de significado se ve condicionada por los procesos de pensamiento que se siguen, de tal manera que éstos, por una parte, asignan relevancia a unos datos y obvian otros, lo que tendrá consecuencias en los procesos de razonamiento, pues pueden favorecerlos o dificultar esa atribución de significados; y, por otra, capacitan o actúan en términos de inferencias personales. Para las autoras:

“Los sujetos se apoyan en sistemas de representaciones que no siempre tienen su correlato en la realidad exterior sino que son el producto de construcciones mentales en las que se entrelazan datos que son observables y

otros que no lo son. [...] A estos sistemas de representaciones los denominamos modelos representacionales, ya que constituyen para el individuo sistemas de referencia que guardan ciertos isomorfismos con los fenómenos observados y constituyen el punto de partida para las explicaciones” (Moreno, Sastre, Bovet y Leal, 1993, pág. 105).

Esta forma de contemplar las representaciones justificaría los problemas de comprensión de conceptos científicos porque explican el papel de datos significativos y no significativos retenidos en los procesos de razonamiento, interfiriendo la retención de éstos últimos, por ejemplo, en los mismos. Se destaca la importancia de estos aspectos si se quiere abordar un aprendizaje constructivista, por lo que claramente vemos que tiene este planteamiento connotaciones instruccionales, ya que lo que se busca es el conocimiento natural de los sujetos de investigación con respecto al concepto físico tratado. En términos de Rodrigo (1993), parece plantearse como un modelo mental manipulativo, pues se pretende detectar cómo se piensa en términos de intenciones y metas esos objetos que constituyen los modelos representacionales.

A partir de un hecho cotidiano, **Rodrigo** (1993) analiza su visión en función de tres referentes teóricos (puntos de vista piagetiano, de la cognición social y vygotskyano) y expresa el proceso de generación de una representación por parte de una niña de dicho hecho interpretado a la luz de esos referentes; compara, en definitiva, “los tres mundos de Rosalía”. Pero la autora no se limita a desarrollar un interesante análisis comparativo de esas tres versiones teóricas o esos tres mundos, sino que plantea y articula una alternativa centrada en la noción de modelos mentales ya desde los primeros meses de vida. La persona (una niña -Rosalía- en ese caso) “*elabora una primera conceptualización o modelo mental de la situación*” (Rodrigo, 1993, pág. 13) como resultado de programas biogénéticos que configuran una situación percibida a partir de unos primitivos. De este modo, se construye un modelo que representa objetos, individuos y vínculos o interacciones entre ellos que no es estático, sino que va variando en función de los cambios de la situación que se quiere representar. Así, surge “*un modelo mental de la situación que integra a actores y objetos en secuencias de acciones desencadenadas a partir de una intención y encaminadas a metas. El modelo mental es una representación dinámica y compleja*” (op. cit., pág. 15). Modelo mental desde esta perspectiva, es una representación pero es una representación heurística, global, que incorpora tanto objetos como personas, es un mecanismo de mediación y de interpretación complejo que integra el mundo físico y social. La autora establece tres niveles de modelaje mental, como ya se ha expuesto: modelo mental manipulativo, modelo mental pragmático y modelo mental psico-social que justifican la gran versatilidad de estas representaciones, su utilidad en la mediación y eso “*es posible gracias a la programación biogénética de que está dotado el sistema cognitivo*” (op. cit., pág. 16). La conceptualización que hace Rodrigo es contrastada por diferentes autores, dando como resultado un debate y una reflexión sobre el constructo de modelo mental que permite aclarar muchos de sus presupuestos y que resulta pertinente de cara a delimitar y compartir su significado; en este sentido, las aportaciones de Lacasa (1993) al respecto y las cuestiones o problemas que se deben abordar resultan particularmente interesantes; estamos, pues, dentro del enfoque teórico.

Rodrigo, Rodríguez y Marrero (1993) realizan también, como ellos titulan su trabajo, una aproximación al conocimiento cotidiano proponiendo, para ello, las teorías implícitas: “*Las teorías implícitas son representaciones mentales que forman parte del*

sistema de conocimiento de un individuo e intervienen en sus procesos de comprensión, memoria, razonamiento y planificación de la acción” (Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993, pág. 13). Las teorías implícitas, según los autores, pretenden producir transformaciones en el mundo que rodea a la persona que las ostenta, que las construye; son teorías de la mente, de su propia mente, que tienen un propósito, una meta y que, por lo tanto, no sólo implican pensar y hablar sino, fundamentalmente, actuar. Estas teorías implícitas son representaciones individuales que están articuladas en torno a la acumulación de experiencias personales, cuya génesis es de carácter social y cultural y, además, sirven para actuar, por lo que están fuertemente vinculadas a la interacción con otras personas; de este modo, quizás sean, como constructo, entidades menos idiosincráticas que “otros modelos de representación”. Los autores diferencian dos sistemas: creencias y conocimiento que deben estar incorporados a las teorías implícitas.

“¿Cómo se integran las diversas fuentes de información para lograr una única representación que permita resolver las diferentes tareas cognitivas? Para responder a esta pregunta es preciso contar con una buena teoría sobre la integración del conocimiento de la que todavía carecemos. Lo que sí existen son hipótesis de trabajo que pueden servir de heurístico a las investigaciones en este campo. Una de las que parece más prometedora es la inspirada en la noción de modelo mental (Gentner y Stevens, 1983; Johnson-Laird, 1983; Hollan et al, 1986). Un modelo mental es una representación dinámica y temporal basada en una parte específica de nuestras creencias sobre el mundo, activada y actualizada por los contenidos de la tarea o situación. Los modelos mentales suponen la simulación cuasiperceptiva de ambientes con objetos, personajes, estados mentales, acciones y sucesos” (op. cit., pág. 119).

Las teorías implícitas que se proponen, parecen tener la misma finalidad que los modelos mentales pero muestran algunas sutiles diferencias; las teorías implícitas parecen ser productos más directos de la acumulación de experiencias personales, son más propositivas e intencionales y están más vinculadas a la interacción con otras personas, son más sociales, digamos, que los modelos mentales que, incluso desde diferentes perspectivas, son más idiosincráticos y globales. Sin explicitar ninguna opción sobre estas perspectivas, los autores lo que sí reconocen es el valor de estos constructos para explicar los procesos del razonamiento humano, lo que nos situaría en una vertiente teórica, críticamente teórica ya que no se trata de la aceptación incondicional de los planteamientos que Barquero asignaba a la misma que son los que emanan de Johnson-Laird.

Serrano (1993) desarrolla un trabajo de investigación con carácter de tesis doctoral relativo al desarrollo conceptual del sistema nervioso; lo que se pretende es analizar la coherencia interna y la consistencia de los individuos considerados en el uso del pensamiento espontáneo en este tema. En ese sentido es en el que se echa mano del constructo modelo mental porque *“... se definen como estructuras mentales con consistencia y coherencia interna para el sujeto, que guían las explicaciones del sistema y las predicciones de su comportamiento en nuevas situaciones”* (Serrano, 1993, pág. 350). Y se recurre a este constructo porque para la autora este planteamiento es interesante en términos pedagógicos, de cara al cambio conceptual, en el sentido de que para el contenido y en el contexto que nos ocupa, no parece aconsejable provocar el conflicto conceptual, sino atender de mejor manera el pensamiento espontáneo que la investigación desarrollada ha mostrado. Y en ese marco se adopta como referente

teórico la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird porque *“Los modelos mentales nos resultan un constructo más útil para acercarnos a la construcción del conocimiento biológico que las -teorías- alternativas que caracterizan muchas descripciones del pensamiento físico”* (op. cit., pág. 351). Estamos, por tanto, ante un trabajo que se enmarcaría dentro de la idea de meta-modelo de Krapas y col. (1997), manipulativo (Rodrigo, 1993), en la vertiente definida como teórica, ya que pretende adentrarse en el funcionamiento íntimo de la mente ante el razonamiento.

Vosniadou (1994) trabaja centrando su atención en el cambio conceptual y al hilo de esto planifica un conjunto de investigaciones que lo analizan y que la conducen a concluir que se pueden identificar modelos mentales que lo condicionan. *“Se asume que el cambio conceptual procede a través de la modificación gradual de uno de los modelos mentales del mundo físico, realizada a través de enriquecimiento o a través de revisión”* (Vosniadou, 1994, pág. 46). El cambio conceptual, el aprendizaje, para la autora se produce, precisamente, por enriquecimiento y/o revisión; y estos procesos se llevan a cabo en los modelos mentales como representaciones analógicas que determinan el funcionamiento de nuestro sistema cognitivo. Subyace a su planteamiento, por lo tanto, el significado de “modelo mental” que defiende Johnson-Laird.

“Los modelos mentales son representaciones dinámicas y generativas que pueden ser manipuladas mentalmente para suministrar explicaciones causales de fenómenos físicos y hacer predicciones acerca del estado de asuntos en el mundo físico. Se asume que la mayoría de los modelos mentales se crean en el momento de tratar con las demandas de situaciones específicas de resolución de problemas. No obstante, es posible que algunos modelos mentales, o partes de ellos, que han resultado ser útiles en el pasado, sean almacenados como estructuras separadas y recuperadas de la memoria a largo plazo cuando sea necesario” (op. cit., pág. 48).

En este planteamiento, los conceptos están encajados, embebidos o incrustados en estructuras teóricas más grandes, superiores, que los restringen y que constituyen teorías subyacentes a los propios modelos, a su formación, en la medida en que la información necesaria para la misma proviene de aquéllas. Se establece una distinción entre “teoría física estructural ingenua”, que suministra las presuposiciones ontológicas y epistemológicas que constriñen los procesos de adquisición de conocimiento, podríamos decir “el núcleo duro” del que emanan las limitaciones, problemas y obstáculos que como individuos enfrentamos a la adquisición del conocimiento, por una parte; y, por otra, “teorías específicas”, que se encargan de describir la estructura interna del dominio conceptual que se trabaja y que parece ser que guardan relación con las creencias de los sujetos. Para la enseñanza y para el aprendizaje esto tiene consecuencias importantes porque la autora establece, no sólo que la teoría física estructural ingenua y las teorías específicas están en la base que genera los modelos mentales, sino que interactúan de tal modo que es condición necesaria atender a las teorías específicas pero no suficiente, ya que cuando hay contradicción entre éstas y la teoría física estructural ingenua, si no se atiende también a ésta, no se produce aprendizaje.

“Se ha argumentado que los individuos construyen una teoría física estructural ingenua acerca del mundo físico tempranamente en la infancia. Esta

teoría facilita pero también restringe el proceso de adquisición del conocimiento. La información consistente con estructuras conceptuales existentes puede ser fácilmente incorporada dentro del sistema conceptual. La información inconsistente con las presuposiciones existentes y creencias es difícil de comprender y probablemente dé aumento de errores conceptuales. Es particularmente difícil llevar a cabo clases de cambio conceptual que requieren la revisión de las presuposiciones ontológicas y epistemológicas de la teoría física estructural ingenua porque representan sistemas relativamente coherentes de explicaciones apoyadas por años de confirmación (op. cit., pág. 68).

¿No podríamos considerar esta teoría física estructural ingenua y aquellas teorías específicas como modelos mentales relacionados entre sí? Quizás no se trate de teorías individuales subyacentes a la construcción del modelo sino de modelos encajados, como plantea la autora para los conceptos. Vosniadou ha trabajado con la conceptualización de la forma de la Tierra, que es lo que más ejemplifica, así como con el ciclo día/noche y otros conceptos del dominio de la Física. Se han planteado trabajos transculturales de modo que puedan compararse los resultados obtenidos de muestras contextualmente diferentes; el instrumento básico es la entrevista. La autora hace una advertencia o recomendación metodológica que parece evidente y que, por obvia, puede no atenderse en la medida suficiente: las cuestiones deben ser generativas y, en ningún caso, deben promover la inducción de la respuesta o de una respuesta más posible que otras, es decir, no deben ser cuestiones que planteen abiertamente el conocimiento o la información que se precisa porque pueden suponer respuestas “aprendidas” y no facilitar información fiable sobre los modelos mentales que realmente posee la persona. Y, al hilo de esto, surge la necesidad de consistencia interna entendida como una valoración de la coincidencia de distintas respuestas que dé validez a las afirmaciones que, como investigadores, se establezcan para cada individuo; y aquí cabe apelar a la prudencia porque pueden darse por inconsistentes modelos mentales que, en realidad, son consistentes para la persona pero no interpretados así por parte del investigador. Vosniadou ofrece un documento con clara intención instruccional, no en vano analiza el cambio conceptual, pero desde una perspectiva teórica del constructo “modelo mental”, tanto en su consideración formal como en el uso que hace del mismo. Las reflexiones aportadas y las propuestas que se hacen se enmarcarían dentro de un meta-modelo (Krapas y col., 1997).

Barquero (1995), como hemos visto, ofrece una interesante discusión sobre las distintas perspectivas de análisis del constructo “modelo mental” que se está utilizando en el presente repaso, estableciendo dos vías o vertientes que contrasta y compara; con ello, nos brinda elementos y aspectos en los que ambas coinciden y en los que se diferencian (como hemos mostrado en la Tabla nº 3) y los ejemplifica de manera abundante a través de la revisión que realiza de la bibliografía. La autora opta explícitamente por la vertiente teórica declarando su adhesión a la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird, que actúa como marco teórico de referencia de la investigación desarrollada en torno a la comprensión y análisis del discurso. Esta adhesión no obsta para que se desarrolle en su fundamentación teórica un análisis crítico de los fundamentos y presupuestos que la teoría establece, discusión muy interesante que resitúa y actualiza el constructo de cara a su aplicación a la investigación educativa.

“En principio hay que admitir que la necesidad de refinamiento conceptual y, sobre todo, de validación empírica de su teoría sobre los modelos

mentales, tal como la presentaba en su obra de 1983, no le hace desmerecer el valor que, en mi opinión, tiene como intento riguroso de acercarse a la comprensión de unos contenidos y unos procesos mentales que reclaman su atención en la investigación cognitiva, pero que incomodan por resultar bastante <escurridizos> (si se me permite la expresión) a las pretensiones “computacionalistas” al mismo tiempo que sorprenden por su utilidad y su eficacia potenciales, así como por su flexibilidad de uso, teniendo en cuenta su caracterización como no necesariamente exactos ni completos, aparentemente arbitrarios y susceptibles de inducir a error” (Barquero, 1995, pág. 25).

Vemos, pues, que la autora justifica su investigación desde la vertiente teórica manteniendo, como ya se expresó, el prudente sentido crítico necesario al respecto. Los cuadros presentados en secciones anteriores, que forman parte de este trabajo, muestran la claridad de dicha justificación.

Aprendizaje significativo en ciencias a través de la construcción de modelos conceptuales es el objeto de estudio de **Glynn y Duit** (1995); su finalidad última es ayudar a los estudiantes a aprender ciencia significativamente y para ello hacen uso de modelos. ¿Pero qué modelos? En algunas ocasiones parecen referirse a modelos conceptuales en sentido estricto, a modelos conceptuales con el significado que ya se ha expresado para los mismos (Norman, 1983; Krapas y col.,-consensual-, 1997), mientras que en otras parecen dar a entender que se refieren a modelos mentales. “*Nosotros definimos aprendizaje significativo de la ciencia como un proceso dinámico de construcción, organización y elaboración del conocimiento del mundo natural. La piedra angular de este conocimiento son los modelos conceptuales*” (Glynn y Duit, 1995, pág. 3). En este contexto, modelos conceptuales actúan como intermediarios entre el mundo y el individuo (como los modelos mentales) y permiten procesar la información que de él se obtiene y deriva; el modelo conceptual así entendido es una representación cognitiva de ese mundo. “*Los modelos conceptuales son sistemas cognitivos de conceptos relacionados y rasgos que son científicamente válidos pero más simples que el fenómeno que representan*” (op. cit., 1995, pág. 5). En este otro contexto, como ya se mencionaba, el significado parece estar más cercano a modelo conceptual de Norman, como un intento de acercar esos modelos a los modos de representación del alumnado. Además de la ambigüedad en el uso del término, los autores usan “modelo mental personal” comentando que se diferencian éste y el modelo conceptual en el mismo sentido que Norman establece.

“Los modelos mentales son subjetivos y pueden ser idénticos, similares o bastante diferentes de los modelos conceptuales válidos científicamente en los que los estudiantes son introducidos en clase de ciencia. El conocimiento personal de los estudiantes también puede incluir hechos personales (...) e incluso teorías personales, aunque éstas raramente satisfacen el criterio de teorías científicas” (op. cit., pág. 19).

El punto de partida de los autores es la predisposición de los estudiantes para construir modelos que les permitan interpretar su experiencia en el mundo y podría decirse que para ellos, modelo mental, en sentido estricto, sería el conocimiento personal. Articulado en torno al mismo, se construiría un modelo conceptual (¡pero del individuo y como representación!) a través de componentes interactivos como la metacognición, la percepción, la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo,

componentes que interactúan entre sí para generar un conocimiento que es declarativo (relativo al qué del mismo) y procedimental (relativo al cómo y apegado a habilidades tanto básicas como científicas). Glynn y Duit consideran que su planteamiento supera y amplía los postulados de Bruner, Ausubel, Gagne, Wittrock y Posner porque plantea cómo los estudiantes construyen modelos conceptuales de fenómenos en el mundo natural. *“El aprendizaje significativo de la ciencia en las escuelas implica construir activamente modelos conceptuales por relación del conocimiento existente con nuevas experiencias”* (op. cit., pág. 10). Es evidente, pues, que el enfoque de estos autores es claramente instruccional; de hecho, se ejemplifica con materiales y experiencias realizadas con el alumnado en entornos naturales de aula.

Jonassen (1995) comunica en estas páginas los resultados de una investigación desarrollada con novatos y expertos en la resolución de problemas, en la que la finalidad fue buscar los modelos mentales que en ambos grupos se generaban. Se parte del presupuesto de que la ejecución de esos problemas, su forma de enfrentarlos y resolverlos, es dependiente de la calidad de los modelos mentales construidos. Para este autor,

“los modelos mentales son las concepciones de un sistema que se desarrollan en la mente del usuario. Los modelos mentales poseen representaciones de objetos o eventos en sistemas y las relaciones estructurales entre esos objetos y eventos. Los modelos mentales implican inductivamente cómo el usuario interactúa con el sistema, resultando a menudo representaciones analógicas, incompletas o incluso fragmentarias de cómo trabaja el sistema (Farooq y Dominick, 1988)” (Jonassen, 1995, pág. 2).

Se plantea una crítica metodológica en el sentido de que en la investigación en modelos mentales se usan muestras muy pequeñas y en condiciones muy restringidas y controladas. De la concepción de modelo que se desprende de lo anterior podría deducirse que se trabaja en el marco de la vertiente instruccional, ya que su finalidad es la detección, lo que se observa también por la forma de llevar a cabo la investigación; puede considerarse que los modelos que obtiene o cataloga son pragmáticos en términos de Rodrigo (1993) y, por último, se destaca la importancia de los modelos mentales en la enseñanza y la modelización en la perspectiva de Krapas y col. (1997).

Nersessian (1995) insiste en la importancia de abordar los modos de pensamiento de los investigadores, de los científicos, como vía para facilitar los procesos de aprendizaje de la Física. La autora ejemplifica su planteamiento a través del análisis que hace de Maxwell y de un estudio de caso de un estudiante. Las ideas básicas que centran el trabajo y la investigación de Nersessian ya se han expresado anteriormente; en esta ocasión se polariza en uno de los elementos que consideró inicialmente y que, junto con los expuestos en el comentario ya hecho de esta autora, justifican sus presupuestos:

“La modelización constructiva es un proceso de razonamiento integrativo que emplea modelización analógica y visual y experimentación pensada en la creación y transformación informal de las representaciones de problemas. Segundo, yo propongo que tener la habilidad para razonar con una clase especial de modelos mentales, modelos genéricos, en un dominio

específico es un componente significativo de la modelización constructiva” (Nersessian, 1995, pág. 204).

La modelización constructiva es un procedimiento mental que, según la autora, han seguido los científicos; su conocimiento y su uso como docentes tiene consecuencias positivas en los aprendizajes desarrollados por el alumnado. Esa modelización descansa sobre: cambio conceptual, resolución de problemas y diferencias de ejecución novatos/expertos en la misma y razonamiento basado en modelos, analogías, razonamientos de análisis de casos, modelización mental, razonamiento cualitativo, El trabajo que nos ocupa establece diferencias entre los modelos como estructuras almacenadas en la memoria a largo plazo o como estructuras temporales, en la memoria de trabajo, incluyendo en esta última categoría planteamientos de Greeno y Nersessian o Johnson-Laird. La modelización constructiva supone modelización mental genérica y ésta requiere idealización y abstracción. En el discurso de Nersessian, y atendiendo a lo ya expuesto, surgen algunas dudas (¡no resueltas!): ¿Podríamos considerar la modelización mental genérica una “visión concreta”, una imagen? ¿Modelización mental genérica se corresponde con las imágenes de Johnson-Laird y la modelización constructiva con sus modelos mentales? ¿La estructura, la visualización y el modelo que, según la autora, lleva a cabo mentalmente Maxwell se corresponde con los elementos y pasos del modelo mecanístico de de Kleer y Brown? En todo caso, merece especial atención este planteamiento porque justifica el funcionamiento, también, de los científicos, del razonamiento humano, a través de modelos mentales. La modelización constructiva constituiría un meta-modelo de Krapas y col., (1997), un modelo mental psicosocial de Rodrigo (1993) y un modelo mental de Norman (1983) formalmente vinculado a la vertiente teórica pero usado en términos instruccionales, ya que pretende demostrar que el aprendizaje se produce por modelización.

Beltrametti (STAFF 11-1996) elabora unas concisas y breves anotaciones sobre modelos mentales para usuarios de INTERNET. Define los modelos mentales como formas de representación analógica del conocimiento; para el autor, representan y manejan tanto el conocimiento declarativo como el procedimental, en la misma línea que Glynn y Duit (1995) planteaban, lo que supone una ventaja ya que la representación es única. Otra característica importante es que *“el modelo mental representa lo que es útil para el sistema en ese momento: existe una representación coherente con las metas actuales del sistema”* (Beltrametti, STAFF 11). Y una tercera característica que destaca el autor es que hay selección en la construcción del modelo de modo que se da una activación parcial del conocimiento. Vemos, con lo anterior, que se habla de modelos mentales en la perspectiva teórica; para Beltrametti, estos modelos son eficaces en conocimiento declarativo que está ordenado jerárquicamente, pero es más complejo en la descripción y en el uso de conocimientos procedimentales.

Colinvaux, Franco, Krapas-Teixeira y Queiroz (1996) exponen un interesante trabajo de análisis teórico en el que manejan para contrastación tres planteamientos distintos: Piaget, Nersessian y Johnson-Laird; para ello centran su atención en dos temáticas distintas (adquisición del conocimiento y carácter innato) y dan cuenta de cómo las abordan cada uno de los planteamientos teóricos seleccionados. En la crítica realizada a la teoría de Piaget *“se hace necesario reconocer que a la luz del conocimiento disponible actualmente, la posición defendida por los piagetianos acerca de los temas antes mencionados es insostenible”* (Colinvaux y col., 1996, pág. 77). Y lo es porque requiere un núcleo innato mucho mayor que lo que Piaget sostenía, por una

parte, y, por otra, precisa una arquitectura de la mente con características de dominio general (consistentes con Piaget) pero también de dominio específico en la formación del conocimiento. De Nersessian los autores destacan: las técnicas de abstracción, la búsqueda por incorporar los planos histórico y personal y la pretensión de articular estructuras conceptuales existentes y su participación en la construcción de estructuras nuevas y hasta radicalmente diferentes (lo que comparte con Piaget). Consideran las técnicas de abstracción como heurísticos de resolución de problemas tratados en el contexto científico.

“Tales técnicas, que configurarían prácticas y actividades de elaboración de modelos (modelling activities) incluyen: razonamiento analógico, razonamiento imaginativo, experimento de pensamiento y análisis por caso límite (...) Queda claro, entonces, el papel central de los modelos mentales en la construcción de interpretaciones científicas” (op. cit., pág. 80).

Estos modelos mentales son entendidos y utilizados como los que caracterizan a la vertiente teórica de la investigación relativa al tema. Los autores pretenden compatibilizar Epistemología Genética con Modelos Mentales con el concurso de algunas técnicas de abstracción *“para abrir nuevas oportunidades para el diálogo entre investigadores que se sitúan en tradiciones de investigación distintas”* (op. cit., pág. 82). Los modelos mentales en este contexto constituyen una convergencia entre el movimiento de las concepciones alternativas y la psicología cognitiva, planteando, consecuentemente, una alternativa que responde a lo que al respecto ya se había comentado.

Gutiérrez (1996) elabora un artículo básicamente divulgativo relativo al tema que nos ocupa; los planteamientos de Gutiérrez (junto con Ogborn) ya son conocidos. Una vez que caracteriza brevemente el papel y los rasgos principales de las representaciones y concepciones, justifica su posición teórica. *“Las teorías sobre modelos mentales (Gentner y Stevens, 1983; Johnson-Laird, 1983) son centrales en la investigación en ciencia cognitiva por los modos en que caracterizan las relaciones entre el pensamiento y sus símbolos”* (Gutiérrez, 1996, pág. 75). La autora también hace referencia al papel que tienen los modelos mentales en el aprendizaje. Gutiérrez expone el modelo mental mecanístico de de Kleer y Brown con concisión y claridad y lo ejemplifica. *“La ventaja de esta teoría es que todos sus elementos están operativizados, ya que sus autores pretenden elaborar programas informáticos que permitan a las llamadas <máquinas inteligentes> construir <modelos mentales> y esto no sería posible sin una definición explícita y clara de cada uno de ellos”* (op. cit., pág. 77). No parece necesario explicar nuevamente todos los elementos que definen el modelo pues ya se ha hecho. *“El modelo mental mecánico presenta la ventaja, sobre otros tipos de modelización, de explicar los cambios en los modos de pensar los sujetos y en los mecanismos de los mismos”* (op. cit., pág. 81). Se trata, como vemos, de un planteamiento centrado en la vertiente descriptiva, pues no se aborda el propio proceso de razonamiento.

“Un modelo se define por su composición y estructura y se sitúa en la teoría por su dominio y organización. La modelización implica selección del modelo, construcción, validación, análisis y despliegue” (Halloun, 1996, pág. 1019). De este modo define **Halloun** su concepción de modelo en un trabajo en el que comunica los resultados del uso de la modelización esquemática para el aprendizaje significativo de la

Física; la modelización esquemática es un modelo de trabajo epistemológico. *“Sostiene que los modelos son los principales componentes de cualquier conocimiento de la persona, y que la modelización es el principal proceso cognitivo para construir y emplear conocimiento en el mundo real”* (op. cit., pág. 1021). El autor se apoya para generar su planteamiento en tres características fundamentales que, en definitiva, vienen a caracterizar modelo en palabras de otros autores que ya se han expuesto, y define el modelo en función de dominio, composición, estructura y organización. La modelización para problemas supone: selección, construcción, validación, análisis y despliegue. Este esquema teórico se ha puesto en práctica con estudiantes que tenían que trabajar adicionalmente la asignatura de Física por no haberla superado; algunos de estos estudiantes eran de Enseñanza Secundaria y otros universitarios. Los resultados son satisfactorios para el autor en términos de aprendizaje pero muestran, por ejemplo, que parece necesario recurrir a algo anterior en las mentes de los sujetos para que pueda dispararse el proceso de aprendizaje. Metodológicamente, parece conveniente expresar que no se trabajó con grupo-control así como que parece no quedar claro a qué se está llamando validez interna y a qué se está refiriendo concretamente. La modelización esquemática parece constituir un ejemplo de meta-modelo de Krapas y col., (1997); se detecta también la modelización en la perspectiva de estos autores.

Harrison y Treagust (1996) también utilizan “modelo conceptual”, “modelo mental” y “modelización” en una investigación desarrollada con estudiantes de Enseñanza Secundaria relativa a sus modelos de átomos y de moléculas; y, como en trabajos ya comentados, se observa también en éste un claro interés por el tema en función de estrategias de intervención docente y de aprendizajes del alumnado, lo que sitúa este trabajo en el enfoque instruccional, pues pretende desvelar el conocimiento natural de los sujetos. Para los autores, los jóvenes tienen graves problemas para distinguir y separar modelos y realidad; se entiende que esto mejoraría con el uso de la modelización como definición o caracterización del método científico. Desde esta perspectiva, los autores recomiendan que los docentes utilicen y desarrollen en el aula las habilidades de modelización a través del uso de modelos analógicos que favorezcan la adquisición de conocimiento y el aumento de las capacidades intelectuales.

“Este conocimiento intelectual se acompaña de una habilidad creciente para reconocer abiertamente que los diferentes modelos simplemente representan diferentes aspectos del mismo fenómeno. Si se desarrolla, este potencial permitiría a los estudiantes desarrollar modelos mentales más aceptables científicamente de fenómenos científicos” (Harrison y Treagust, 1996, pág. 525).

Se deduce de lo anterior que el uso de modelo hace referencia a modelos conceptuales (en los términos ya definidos) y se desprende, también de lo anterior, la intención de llevar a cabo su transferencia a las estructuras cognitivas de los individuos; esto refuerza la afirmación hecha al respecto. Como ya se ha comentado, se llevó a cabo una investigación con estudiantes de Enseñanza Secundaria utilizando como instrumento una entrevista semiestructurada en la que se manejaron objetos (una hoja de aluminio y un bloque de hierro) y esquemas o dibujos para que los jóvenes mostraran su grado de afinidad -en función de su modelo- con los mismos. Los autores dan a entender que incluso a lo largo de la entrevista (de veinte minutos aproximadamente) se producen cambios en el modo de interpretación de los jóvenes, en “su modelo”. El método propuesto puede inducir la respuesta del alumnado, de modo que no podamos

obtener la información necesaria para determinar su modelo, por lo que podría no considerarse fiable. Éste es el problema mayor que los propios autores comentan y ejemplifican: la respuesta que dan los estudiantes puede no corresponderse con su propio modelo; es probable que la entrevista como único mecanismo o instrumento de obtención de información no sea suficiente para determinar los modelos mentales de los estudiantes y, ni tan siquiera, lo que han captado de los modelos conceptuales del profesorado que puede simplemente constituir ideas sueltas; habría que pensar en protocolos de investigación que muestren más fiabilidad y validez de las afirmaciones que se hagan sobre los modelos mentales de los propios sujetos.

Honey (1996) es el responsable del capítulo “Modelos Biológicos: algunos rasgos significativos”, en el libro titulado “Adquisición del Conocimiento, Organización y Uso en Biología”, editado por Fisher y Kibby. En dicho capítulo se plantean diferentes significados para el constructo modelo mental, que se expresa básicamente como sigue:

“El pensamiento o “modelo mental” es representado por alguna construcción verbal, simbólica o física que puede verse o comprenderse, que se usa para ayudar en la comprensión de una materia que puede no ser vista o comprendida. La manipulación de partes del modelo puede ser análoga a los cambios en aspectos de la materia que representa y puede permitir al usuario hacer predicciones acerca de la materia (Honey, 1996, pág. 227).

¿Se le está dando a modelo mental el significado de modelo pedagógico de Krapas y col., (1997)? El autor advierte poca presencia en la bibliografía en lo que se refiere a dificultades específicas de la Biología desde la perspectiva de los modelos mentales que, por lo que se desprende de sus palabras, no parece contemplar exactamente dentro de los enfoques descriptivo/teórico que hemos planteado -incluso parece hablar al tiempo de modelo mental y modelo conceptual, en términos de Norman (1983)- para su categorización. Se destaca en el análisis que se ofrece el importante papel de la modelización por parte de los científicos y su consideración para facilitar la construcción de modelos mentales por parte del alumnado y, por tanto, en los procesos de enseñanza de la ciencia.

Pintó, Aliberas y Gómez (1996). Hacen un repaso a la investigación realizada en torno a las concepciones alternativas expresando la polémica abierta en relación con su coherencia, consistencia y universalidad; para ello analizan los distintos enfoques que han presidido, como marcos teóricos, dichas investigaciones concluyendo que la línea de modelos mentales puede ser prometedora de cara al futuro.

“La reciente utilización en la investigación sobre didáctica de las ciencias del concepto de modelo mental puede significar el inicio de una nueva e interesante línea en los estudios sobre las ideas científicas de los alumnos, de la cual podrían derivarse importantes consecuencias educativas. (...) Por lo tanto hemos de entrar en su significado porque, como dice Rogers (1992) <los modelos mentales están siendo utilizados actualmente para explicar un amplio rango de fenómenos psicológicos>” (Pintó y col., 1996, pág. 227).

Esta última afirmación concuerda con lo que ya hemos expuesto y se ejemplifica con la presente revisión del uso del constructo en la bibliografía; ya comentábamos que

quizás no fuera más que una moda, pero los autores del presente trabajo aportan argumentos y reflexiones que apuntan más hacia la definición o construcción de una nueva plataforma de análisis de cara a la investigación en la enseñanza. Para justificar su posición utilizan el modelo de de Kleer y Brown y definen modelo mental como sigue: “*Entendemos por modelo mental el constructo psicológico que se forman los individuos al interaccionar con otras personas, con el medio o con algún artefacto y predecir el comportamiento de los sistemas en futuras relaciones (Johnson-Laird, 1983; Gentner y Stevens, 1983)*” (ibid.). ¿En qué vertiente situaríamos a estos autores? A la vista de lo expuesto, podríamos admitir que se mueven entre ambas (descriptivo-instruccional y teórica) en la medida en que pretenden fundamentar teóricamente la coherencia, consistencia y universalidad de los procesos cognitivos representacionales pero con estrategias y “modelos” centrados en la intervención pedagógica.

Borges (1997) desarrolla una investigación en la que lo que se pretende es determinar los modelos mentales de conceptos relacionados con electricidad y magnetismo entre personas con diferentes niveles de escolaridad y experiencia con la electricidad; en la misma, se pedía que se hicieran previsiones y se explicaran los argumentos que hacían esperar tales resultados para, después, realizar las experiencias y ver el grado de acuerdo con la predicción. El instrumento utilizado consistió en una entrevista que tiene un formato muy similar a lo que supone un modelo mental mecanístico de de Kleer y Brown. El trabajo que nos ocupa se centra en los resultados obtenidos para el magnetismo; se aporta toda una caracterización sobre modelos mentales, observándose en la misma que se hacen abundantes referencias a planteamientos relacionados con lo que se ha llamado vertiente descriptiva, pero parece contemplarse el constructo modelo mental desde una perspectiva más teórica destacando, por ejemplo, su papel analógico o interpretando los resultados en esa línea. Para este autor, “*pensar implica la creación y la internalización de modelos simplificados de la realidad. ... Los modelos mentales se usan para caracterizar las formas por las que las personas comprenden los sistemas físicos con los que actúan*” (Borges, 1997, pág. 2). Cuando explica la investigación en esta área, básicamente se destacan implicaciones didácticas, lo que hace pensar, como se decía, más en una vertiente instruccional que teórica y, de hecho, la consideración que se hace del constructo va en esa línea: “*Un modelo mental es conocimiento sobre una determinada cuestión o dominio que usamos para pensar sobre ellos por medio de simulación mental*” (op. cit., pág. 7). ¿Se refiere con simulación mental a lo mismo que Krapas y col. (1997) denominan modelización?.

Franco, Colinvaux, Krapas-Teixeira y Queiroz (1997) desarrollan un original trabajo titulado “La Teoría Piagetiana y los Modelos Mentales”. De los mismos autores se ha comentado un trabajo anterior centrado en el mismo tema como primera aproximación; pero en esta ocasión el desarrollo y la profundidad de sus implicaciones es mayor. Como se recordará, los autores trabajan con tres teorías o planteamientos diferentes: teoría piagetiana, teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y contribución histórico-cognitiva de Nersessian; reconocen lagunas importantes en los tres enfoques teóricos y consideran que es necesario buscar nuevas vías, un referente conceptual que las supere pero que incluya lo que éstas tienen de bueno y que ya ha sido contrastado y validado. Surge así un “modelo de modelo mental” que atiende, según los autores, a tres dimensiones:

- Integración de las competencias de dominio general de la mente con las de dominio específico. Esta dimensión atiende a las limitaciones evidenciadas en los enfoques basados en las categorías generales de Piaget y en la concepción de construcción/adquisición de conocimiento por dominio específico que parece impregnar el trabajo de Nersessian.
- Consideración del papel de las proposiciones y de las imágenes en los procesos de construcción del conocimiento.
- Identificación del papel de los procesamientos serial y en paralelo de la información en la cognición.

Como constructos derivados que tienen importancia en ese “modelo de modelo mental” debemos considerar: técnicas de abstracción, formas de representación y formas del procesamiento de la información.

“Consecuentemente, nuestra afirmación de que la modelización implica la utilización de técnicas de abstracción a partir de razonamientos imagísticos y/o proposicionales que hacen uso de procesamiento paralelo y/o serial de información debe ser entendida como una caracterización inicial y prometedora de la actividad de modelización” (Franco et al., 1997, pág. 203-204).

De este modo los autores, una vez que analizan críticamente las teorías que manejan, en un interesante trabajo de integración, apuestan por “modelo mental” como constructo y por “modelización” como proceso cognitivo que permite su construcción. Evidentemente, se trata de una perspectiva enmarcada en la vertiente teórica, que maneja meta-modelos ya que se trata de un profundo proceso de reflexión sobre distintos modelos y teorías.

Greca y Moreira (1997) llevan a cabo un programa cuyo objeto es *“Desarrollar un proyecto de investigación centrado en el nivel de representación mental -proposiciones, imágenes y modelos mentales- con el que operan los estudiantes en relación con el concepto de campo, particularmente en el dominio de la electricidad y el magnetismo”* (Greca y Moreira, 1997, pág. 712). El marco teórico de referencia, como se ha podido imaginar, lo constituye la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird, por lo que este trabajo forma parte de los que hemos incluido en la vertiente teórica de la investigación sobre los mismos. Para los autores,

“Comprender un fenómeno físico significa conocer qué lo causa, qué resulta de él, cómo se inicia, cómo influye o cómo evitarlo. En el lenguaje de Johnson-Laird, esto significa tener un modelo de trabajo de tal fenómeno. Pensar acerca de y en términos de una teoría científica requiere la construcción de modelos mentales de las entidades o procesos implicados” (op. cit., pág. 713).

La posición teórica de los autores no admite ninguna duda. La investigación se ha llevado a efecto con dos grupos de estudiantes a los que se les han dirigido sendas estrategias de intervención en el aula, pero a quienes se les han recogido las mismas informaciones; estos datos se han obtenido con los ejercicios escritos, los problemas resueltos, las actividades de laboratorio, la elaboración de mapas conceptuales y el trabajo en grupos como instrumentos. Las variables definidas, al hilo de lo anterior, han sido: concepto, problema, laboratorio, mapas conceptuales, tercer mapa (final), grupo y

modelo y se han establecido correlaciones entre ellas. Además de lo anterior, se desarrolló una entrevista final para cada estudiante. De lo expuesto se deriva lo que puede considerarse dos novedades (¡muy acertadas!) en relación con las investigaciones (en sentido estricto) comentadas: la primera de ellas es que la investigación se ha desarrollado en condiciones naturales de aula, en contextos normales, y no en condiciones de laboratorio; y la segunda, relacionada con la anterior, es el uso de todas las producciones y verbalizaciones del alumnado como procedimiento facilitador de la información que, interpretada (¡claro está!) supondrá una mayor fiabilidad y validez en relación con las afirmaciones relativas a los modelos mentales de estos estudiantes. Los autores explicitan conclusiones relativas a los modelos mentales detectados en sus alumnos en los que no parece necesario entrar, en este contexto; *“No obstante, el aspecto más importante de estos descubrimientos es que sugieren que las representaciones mentales, como las define Johnson-Laird, son importantes en la ejecución y en el aprendizaje físicos y suministran mucho terreno para futuras investigaciones en esta área”* (op. cit., pág. 723).

Cronológicamente corresponde revisar un trabajo que ya se ha analizado pues nos ha permitido valorar lo que la bibliografía seleccionada nos ofrece; se trata de las reflexiones que sobre la terminología y los sentidos de “modelo” en la literatura de investigación en enseñanza de las ciencias han desarrollado **Krapas, Queiroz, Colinvaux y Franco** (1997). Para los autores *“el tema de los modelos contribuye a una reflexión innovadora sobre la cognición humana”* (Krapas y col., 1997, pág. 1). Estos investigadores que ya resultan familiares en este documento, trabajan en un intento de superar lagunas teóricas de otros enfoques y de buscar referentes teóricos más heurísticos y de este modo han llegado a “modelos”. Ante el uso indiscriminado del vocablo, que hemos podido comprobar en las páginas precedentes, encuentran necesario, en este artículo, hacer una breve revisión sobre el término, delimitando una primera diferencia entre modelo como representación de una idea, objeto, evento, proceso o sistema y modelización como proceso de construcción de modelos. A partir de aquí definen cinco categorías: modelo mental, modelo consensual, modelo pedagógico, meta-modelo, modelización que ya se han definido al comenzar el apartado que nos ocupa y algunas de las cuales hemos utilizado en la caracterización desarrollada. Con ello es con lo que abordan la revisión realizada sobre cuatro publicaciones en lengua inglesa destinadas a la investigación en enseñanza de la ciencia. Algunas de sus conclusiones también han sido comentadas.

Moreira (1997) desarrolla un documento que tiene como finalidad *“ayudar en la enseñanza y en la investigación en enseñanza de las ciencias”* (Moreira, 1997, pág. 1) centrando su atención, su discurso, en la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird. Se articula en torno a una introducción relativa a las representaciones; un análisis de los modelos mentales, proposiciones e imágenes estructurado en torno a la definición y caracterización de los primeros, así como a su papel en el razonamiento, en su naturaleza, estructura y contenidos y tipología; comparación de modelos mentales en diferentes enfoques teóricos, así como su diferenciación en relación con modelos conceptuales; metodología de investigación y aspectos relacionados con la conciencia. La revisión realizada por este autor es particularmente interesante y muestra, amén de una exposición clara de los elementos fundamentales de la Teoría, un análisis de investigaciones realizadas utilizando el referente teórico de los modelos mentales, que comenta con detalle en términos de metodología y resultados, lo que da pie para caracterizar aspectos relativos a los modos de planificar la investigación en este ámbito

del conocimiento; así mismo, ofrece una visión histórica, en este terreno, que demuestra que no son cuestiones nuevas que acaben de surgir, sino que forman parte de la conciencia de autores e investigadores incluso desde hace un siglo. Esto da pie para que el autor se adentre en uno de los aspectos más espinosos de las teorías de la mente, el problema de la conciencia, que trata con la misma claridad y concisión que el resto del trabajo.

Borges y Gilbert (1998) conducen una investigación tendente a determinar los modelos mentales de los estudiantes y de profesionales con diferentes niveles de formación y contactos con el magnetismo como contenido que utilizan, ya que lo consideran un tema poco investigado. Optan como referente teórico para analizar la información recogida de sus sujetos de indagación por el constructo modelo mental que conceptualizan del siguiente modo:

“... se ha usado con diferentes significados y denotando diferentes compromisos teóricos (Rouse y Morris, 1986). En todos los casos, sin embargo, se asume que el pensamiento implica la construcción y asimilación de modelos simplificados de la realidad. Se usa para referir la manera en la que los legos comprenden y razonan acerca de dominios específicos de conocimiento y cómo adscriben causalidad a los sistemas físicos (Gentner y Stevens, 1983)” (Borges y Gilbert, 1998, pág. 361).

Su concepción de modelo mental también incorpora implicaciones de la perspectiva teórica en lo que se refiere a la comprensión de textos. Como instrumento se planificaron determinadas situaciones sobre las que los sujetos siguieron la secuencia predicción-observación-explicación, habiéndose grabado estas intervenciones. La interpretación del material recolectado permitió definir efectivamente cinco modelos mentales con respecto al magnetismo; la finalidad, por tanto, fue detectar el conocimiento natural de los sujetos y no tanto, como expresan en la cita precedente, su génesis, por lo que nos encontramos ante un claro ejemplo de un trabajo de la vertiente descriptiva/instruccional.

Greca y Moreira (1998) presentan un artículo en el que comunican algunos resultados de las investigaciones que desarrollan, algunos de los cuales ya se han reseñado. Estos autores, como se recordará, manifiestan su acuerdo con la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird justificando la elección de este referente teórico en la medida en que entienden que:

“La capacidad de entender una teoría científica estará determinada por la capacidad del alumno para formar modelos que incluyan las relaciones fundamentales de la teoría y de los cuales sea posible extraer explicaciones y predicciones que estén de acuerdo con las concepciones científicamente compartidas” (Greca y Moreira, 1998, pág. 291).

Por esa razón establecen inferencias y deducciones sobre los modos que siguen sus sujetos de investigación analizando sus producciones y verbalizaciones porque *“la enseñanza en general, y en particular la de Física, no favorece la construcción de modelos”* (ibid). En el trabajo que nos ocupa, se nos ofrece un conjunto de reflexiones encaminadas a valorar el papel que tiene la consideración de las representaciones como modelos mentales (en la perspectiva teórica) en los procesos de aprendizaje de

contenido científico, derivando de ello algunas conclusiones que tienen carácter pedagógico porque *“los alumnos traen al aula los modelos mentales con los cuales ya entendían, imaginaban, explicaban el mundo antes de ir a la escuela. En situaciones donde no existe un profesor, las personas construyen modelos de los fenómenos físicos por sí mismas, para comprender ese mundo”* (op. cit, pág. 290). Y lo que postulan que debe hacer la enseñanza, la escuela, es facilitar la transformación de esos modelos intuitivos, cosa que no siempre el trabajo docente consigue. Para los autores,

“Pensar, entonces, en términos de una teoría científica implica ser la construcción de un modelo mental. En cuanto a los conceptos científicos, pueden ser, y de hecho la mayoría de las veces lo son, codificados proposicionalmente y comprenderlos implica construir modelos mentales de los procesos que representan” (ibid).

Moreira y Lagreca (1998) abordan los modelos mentales de sus estudiantes en el área de la Mecánica siguiendo los esquemas habituales de este grupo de investigación que ya se han expuesto en reseñas anteriores. Su referente teórico se sitúa en la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird porque da explicaciones fiables sobre los modos de procesar y de razonar conceptos que son utilizables en los procesos de aprendizaje. *“Partimos del presupuesto de que las personas razonan con modelos mentales, operan cognitivamente con modelos mentales, representan internamente el mundo con modelos mentales”* (Moreira y Lagreca, 1998, pág. 5). En este artículo se ejemplifican tres modelos mentales detectados con respecto al contenido trabajado siguiendo los mismos protocolos de indagación que han usado en otras investigaciones similares, como la precedente, es decir, los que provienen de la introspección experimental sistemática y que han supuesto el análisis y la interpretación de lo que los sujetos hacen y dicen. En este sentido, expresan las dificultades inherentes al estudio de los modelos mentales en la medida en que son representaciones internas. Los autores comentan algunas implicaciones pedagógicas referidas fundamentalmente a la idea de que los modelos mentales resultan más difíciles de olvidar pues suponen más trabajo en su construcción que una simple proposición que no se interprete a la luz de los mismos, si no se dispone de ellos; esto justificaría, y se insiste en ello, la funcionalidad que caracteriza a los modelos mentales desde esta perspectiva. En la medida en que se abordan los procesos de razonamiento que se siguen, estamos ante un trabajo de la vertiente teórica.

Moreno Marimón (1998), en un capítulo titulado “La Psicología Cognitiva y los modelos mentales”, hace una exposición y revisión de la teoría de Johnson-Laird en la que va incorporando explicaciones sobre sus aspectos más destacados, junto con algunas comparaciones con otros referentes teóricos y contrastaciones provenientes de la investigación en este terreno. Su comentario final es como sigue:

“A partir de estos trabajos podemos llevar, bajo nuestra propia responsabilidad, el argumento un poco más lejos y postular la necesidad de desprenderse de una vieja visión del mundo para poder acceder a una nueva y, tal vez, más acorde con los hechos del mundo real. Si añadimos a este argumento una visión evolutiva, podríamos imaginar la evolución cognitiva como una sucesión ininterrumpida -aunque lenta- de cambios que se producen en las dos direcciones, es decir, de los conocimientos anteriores a los nuevos y de éstos a aquéllos, modificando y ampliando, así, las categorías en las que

están contenidos. Y esta idea no está demasiado alejada de las nociones de asimilación y acomodación” (Moreno Marimón, 1998, pág. 46).

¿Realmente son compatibles las ideas de modelo mental y la asimilación y acomodación? ¿Son necesarios estos procesos si explicamos el razonamiento humano articulado en torno a los modelos mentales que postula Johnson-Laird? Parecería desprenderse de lo expuesto que la propia teoría no da explicaciones convincentes y consistentes al respecto. Y esas categorías de las que habla la autora ¿se están equiparando a modelos mentales?

Otero, Papini y Elichiribehety (1998) plantean una investigación con objeto de determinar el modo cognitivo de operar de los sujetos que consideran frente a la resolución de un problema matemático. Las autoras revisan la idea de modelo mental y su papel en la resolución de problemas, manifestando su adhesión al constructo que postula Johnson-Laird por la potencialidad que les ofrece. Trabajan, por tanto, con la concepción de modelo mental como representación y lo hacen desde una perspectiva teórica pues lo que se destaca es la atribución de significados y el razonamiento sin necesidad de reglas lógicas de inferencia, primándose la comprensión por encima de todo lo que, para estas autoras, requiere necesariamente la construcción de un modelo mental en la perspectiva expuesta.

“El aspecto que queremos resaltar se refiere a la comprensión y los resultados nos inducen a pensar que quien resuelve a partir de un modelo mental correcto (que representa completamente la totalidad de las relaciones necesarias para encontrar la solución), tiene mejor comprensión de las relaciones del problema. Es decir, el modelo mental es decisivo en el proceso de la construcción de significados” (Otero, Papini y Elichiribehety, 1998, pág. 9).

Parrat-Dayan (1998) lleva a cabo una revisión de la teoría de Piaget sobre la causalidad planteándola en términos históricos, es decir, acorde con el desarrollo que Piaget siguió para explicarla. Al hacerlo, va utilizando la etiqueta modelo en diferentes momentos básicamente para referirse a entidades mentales, si bien en algún momento lo refiere a un modelo conceptual, modelo de la física. Lo interesante de este trabajo se centra en las explicaciones que se aportan para dar cuenta del desarrollo de la causalidad en función de las operaciones del sujeto, de lo que, en principio, parece desprenderse una total dependencia entre determinados tipos de operaciones y capacidad para establecer relaciones causales o, lo que es lo mismo, imposibilidad de establecer esa causalidad, de pensar en términos causales si no se tienen desarrolladas determinadas operaciones cognitivas previamente. Y es en este sentido en el que la autora hace una reflexión al respecto, apuntando lo siguiente:

“En el proceso de atribución de las operaciones lógicas a la realidad intervienen las propiedades mismas de esa realidad. Al descubrir ciertas características de los objetos, los niños modifican sus modelos interpretativos y en virtud de esta modificación pueden explicar la realidad física de manera más rica.

Por consiguiente, el desarrollo no puede entonces comprenderse como lo que se dará <<tarde o temprano>>, como a veces escribe el mismo Piaget. Es la concepción piagetiana la que nos permite afirmar que el desarrollo no se produce en el vacío sino que se establece a partir de situaciones problemáticas

complejas. Los procesos del pensamiento necesitan contenidos donde desarrollarse, aplicarse, generalizarse y también modificarse. Pero, es evidente, que sin procesos de pensamiento adecuados las situaciones no podrían ser asimiladas. Son los estudios piagetianos de la causalidad los que permiten percibir claramente que entre las operaciones del sujeto y la realidad (situaciones, objetos, contenidos) actúan los modelos interpretativos del sujeto, a través de los cuales se relacionan los aspectos internos y externos del conocimiento” (Parrat-Dayan, 1998, pág. 28).

Obsérvese el uso de “modelos interpretativos”; ¿similares a los modelos mentales de Johnson-Laird? ¿Similares a cualquier otra concepción de los mismos? ¿Tienen aspectos comunes? Cuanto menos, su carácter de entidades mentales y la función que se les asigna, pero probablemente más adelante puedan detectarse algunas semejanzas más y también diferencias. De lo que no cabe la menor duda es de que se está buscando la comprensión de modelos mentales y modelos consensuales en términos de Krapas y col., (1997), o sea, nos plantean meta-modelos.

En un intento por combinar y aunar la teoría de Piaget con el papel asignado al contenido que en la misma se obvió, y desde una nueva visión del significado de las representaciones como modelos, **Moreno, Sastre, Bovet y Leal** (1998) nos presentan un interesante libro bajo el título “Conocimiento y cambio”, en el que se incluyen en su primera parte algunos de los trabajos de los que se han hecho reseñas ya anteriormente. Desarrollan su planteamiento proponiendo para dicha combinación integradora de pareceres y puntos de vista distintos el constructo modelo organizador en los siguientes términos:

“Concebimos un modelo organizador como una particular organización que el sujeto realiza de los datos que selecciona y elabora a partir de una situación determinada, del significado que les atribuye y de las implicaciones que de ello se derivan.

Dichos datos proceden de las percepciones, de las acciones (tanto físicas como mentales) y del conocimiento en general que el sujeto posee sobre una situación dada, así como de las inferencias que a partir de todo ello realiza. El conjunto resultante está organizado por un sistema de relaciones que le confiere una coherencia interna, la cual produce en el sujeto que lo ha elaborado, la idea de que mantiene también una coherencia externa, es decir, una coherencia con la situación del mundo real que representa.

[...]

Todos estos datos, presentes en el modelo organizador, están coordinados entre sí por sistemas de relaciones que pueden ser o no de carácter operatorio y tienen como misión dar un sentido de conjunto a los diferentes tipos de datos” (Moreno, Sastre, Bovet y Leal, 1998, págs. 68-69).

Las autoras ejemplifican su marco teórico en una serie de experiencias realizadas con el concepto de flotación, que son las que les dan pie a sus conclusiones. En sus justificaciones y explicaciones relativas al modelo organizador se observan multitud de semejanzas con el modelo mental que propone Johnson-Laird y, de hecho, en el libro, como ya se expresó, un capítulo se dedica a la caracterización de su teoría.

Moreira (1999) dedica un capítulo a la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird en un libro que versa sobre las teorías de aprendizaje. Articula su exposición en torno a un primer punto destinado a las representaciones; la propia teoría en sí, en un segundo apartado; proposiciones y modelos mentales, imágenes y modelos y espacio de comparación entre las tres representaciones que Johnson-Laird considera, con objeto de aclarar los significados que se le atribuyen a cada una de ellas; un siguiente punto sobre la naturaleza de los modelos, su tipología y conclusiones. Lógicamente la concepción de modelo mental que impregna este trabajo es la que ha propuesto el propio autor de la teoría que nos ocupa.

“Modelos mentales son, entonces, análogos estructurales del mundo. Los seres humanos entienden el mundo construyendo modelos mentales (i.e., modelos de trabajo, modelos que predicen y explican eventos) del mismo en sus mentes” (Moreira, 1999, pág. 185).

En sus explicaciones sobre la teoría, el autor aborda, como se ha comentado, la naturaleza de los modelos mentales y para ello echa mano de los principios que el propio Johnson-Laird atribuye a los mismos; de este modo, va desgranando aquello que los caracteriza, destacándose en esta explicación un párrafo que resulta relevante por cuanto para algunos, la teoría que nos ocupa se ha interpretado como algo que trata con la deducción independientemente del contenido, visión que no se corresponde exactamente con lo postulado o, al menos, Moreira (1999) no lo advierte.

“Otro aspecto a considerar en la construcción de modelos mentales es el conceptual. Los modelos tienen forma y contenido que sirven a sus objetivos, sean explicativos, predictivos o controladores” (op. cit., 190).

En las conclusiones de este capítulo se señalan algunas implicaciones pedagógicas de este referente pues se entiende que el aprendizaje es la construcción de modelos mentales.

2.1.4.- Génesis de un constructo. Una síntesis, ¿una teoría?

Si recuperamos la idea expresada en el capítulo anterior de representación como de cualquier cosa que re-presenta algún aspecto externo o de la imaginación en su ausencia (Eysenck y Keane, 1991) y le damos las connotaciones psicológicas que allí se expresaron, hemos podido comprobar que los modelos mentales, sea cual sea su consideración, nos sirven para representar el mundo y, por lo tanto, parece justificada la investigación en esta área. Las revisiones aportadas en la relación anterior dan pie para afirmar que, efectivamente y eficazmente, podemos contemplar las representaciones mentales como modelos mentales, cuanto menos, de manera más eficaz que referentes anteriores por cuanto descienden al terreno psicológico de la cognición y justifican en ese sentido, o pretenden algunos de sus enfoques, explicar, su influencia en los procesos de aprendizaje.

Nos planteábamos la presente revisión en términos cronológicos y se hizo así porque se entiende que ello da información significativa sobre el proceso seguido en relación con el tema; se trata de un proceso de construcción, de la definición de un referente teórico y eso, lógicamente, responde a aproximaciones sucesivas, a aportaciones diversas. Una lectura de las páginas precedentes nos permite ver en qué sentido se habla de “modelo mental”, cómo evoluciona el constructo, cómo va

apareciendo más en la literatura especializada y cómo esto responde a nuevas formas de estudiar las representaciones, a nuevos paradigmas, por la insuficiencia y la superación de paradigmas anteriores. Ya antes nos hemos planteado: ¿no será más que cuestión de modas? Parece ser más una integración, un metaconocimiento, (-un meta-modelo-) en el sentido de que se relacionan procesos propios de disciplinas distintas o, al menos, estudiados hasta ahora como independientes; en el fondo, modelos mentales no es más que la aplicación a la psicología cognitiva de los modelos conceptuales -teóricos- (que hemos visto que usan algunos investigadores), de la forma de producción del conocimiento, historia de la ciencia en definitiva, a esa misma forma de producción pero individual.

Hemos usado “modelo conceptual” (Norman, 1983), “modelo consensual” y “modelo pedagógico” (Krapas y col., 1997); hemos leído “modelo mental (Johnson-Laird, 1993; Norman, 1983; Rodrigo, 1993; Barquero, 1995; Krapas y col., 1997); nos han hecho ver la importancia de la “modelización” y el “modelaje” (Krapas y col., 1997; Rodrigo, 1993). Y cada vez que hemos visto esas etiquetas ¿hemos entendido lo mismo? ¿Se estaban refiriendo a la misma cosa?

“A pesar de que la idea de <<modelo mental>> ha hecho correr mucha tinta en los últimos años, no puede ser considerada como una idea unitaria, por el contrario se trata de un concepto bastante impreciso que está muy lejos de tener una definición que refleje un criterio unánime entre los cognitivistas” (Moreno, 1998, pág. 31).

Parece probado que efectivamente “se ha hecho correr mucha tinta”, que es un hecho que hay una gran dispersión de sentidos con respecto al término que nos ocupa, que hay, como se comentaba, muchas aproximaciones, que la revisión hecha nos aporta una amplia variedad de perspectivas de los distintos autores que, con sus propias palabras, hemos optado por señalar el significado que le atribuyen al constructo “modelo mental”.

Pero ¿qué tienen en común estos trabajos? ¿No hay ningún consenso en el significado del constructo?

“La noción contemporánea de que la modelización mental juega un papel significativo fue formulada inicialmente por Kenneth Craick (1943). Craick sostenía que hacer una explicación de un fenómeno requiere tener un modelo bien comprendido del mismo. Él propone que las personas razonan, en general, llevando a cabo experimentos de pensamiento en modelos internos” (Nersessian, 1995, pág. 208).

Esta idea de modelos como representaciones internas que median entre los procesos cognitivos y el mundo exterior, el entorno, sí parece ser común a todos los planteamientos y autores reseñados, no en vano se acepta y se comparte explicar las representaciones en términos de modelos mentales. Otra idea, más o menos explícita, que parece ser común es un cierto carácter innato, un sustrato a partir del que se construyen las interpretaciones que la mente es capaz de hacer y que, incluso cuando se declara, puede recibir diferentes nombres o apelativos. Se habla, en general, de un conocimiento inexplicable e inabordable, al que no se tiene acceso y que constituye los primitivos que permiten la construcción de los modelos mentales.

Pero hay diferencias en el enfoque ¡claro!, ya se han ido explicitando. Las más acusadas se refieren a esa doble vertiente instruccional/teórica, a la finalidad, en definitiva; ése fue el criterio que, como ya se expresó con anterioridad, resultó más útil. La perspectiva instruccional, como ha quedado de manifiesto, centra su atención en el conocimiento natural -su descripción-, en el cambio conceptual, en las estrategias de intervención; por ello manifiesta un marcado carácter concreto en relación con los contenidos objeto de investigación. Desde esta perspectiva (en este contexto) se procura acercar los modelos conceptuales de las disciplinas a los modelos mentales de las personas. Ese acercamiento ya no los había propuesto Norman cuando nos planteaba que idealmente debería haber una relación directa y simple entre ambos y que esto no es lo que ocurre habitualmente. Podríamos admitir que este acercamiento, el intento de superación de esta aseveración de Norman, es lo que caracteriza a la vertiente descriptivo-instruccional, mientras que lo que las personas tienen en sus cabezas (como él también nos comentó), así como básicamente la forma de razonar con eso y de construirlo, es el objeto de la vertiente teórica que, como hemos tenido ocasión de ver, busca mecanismos de indagación y explicativos que sean más consistentes y fiables que den cuenta del mayor número de procesos mentales posible, procesos que se generan sobre aquellos modelos conceptuales, sobre un contenido que necesariamente también deberíamos investigar para poder comprender cómo efectivamente se llevan a cabo esos procesos, cómo se construyen esos modelos mentales. Y al hilo de la diferencia anterior, aunque tímidamente, también se observan protocolos, procedimientos de indagación marcadamente diferentes, pues cuando nos situamos en la vertiente instruccional, buscamos ese conocimiento natural que inferimos básicamente con entrevistas y que describimos, mientras que cuando nos movemos en una vertiente más teórica, en la medida en la que se analizan los procesos de razonamiento de la mente, recurrimos a mayor contrastación y validación, al uso de más de una fuente de información, al manejo de lo que se externaliza en distintos contextos y momentos, etc.

¿Cómo se construyen esos modelos mentales de los que todos hablan? ¿Qué hace la mente para construirlos? ¿Dan estas teorías y modelos conceptuales explicaciones al respecto? ¿Estas teorías dan cuenta de cómo y de por qué construimos esos modelos? ¿Son adecuadas explicativamente? No parece que las breves reseñas anteriores den respuestas a estas cuestiones en términos generales, si bien, aquí hay, por el momento, una diferencia de trato al respecto. Se acepta que debe haber algo que actúe como sustrato, algo innato, casi de modo general, pero de ahí al modelo como resultado se produce en la vertiente instruccional una laguna que hasta puede ser comprensible en la medida en que se preocupa por el conocimiento natural de los individuos, por el cambio en las representaciones, por el aprendizaje como objetivo inmediato. De los documentos analizados enmarcados en la vertiente teórica se desprende un intento de explicación de ese salto, de esa laguna, un interés por abordar los procesos mentales intrínsecos al razonamiento, a la construcción de un modelo mental.

¿Y qué podemos decir en términos metodológicos? Ya se han apuntado algunas reflexiones al diferenciar las distintas vertientes. Muchos de los trabajos comentados responden a informes de investigación y otros son revisiones bibliográficas o planteamientos de propuestas. Si nos centramos en los primeros, hemos podido observar que básicamente se utiliza la entrevista como mecanismo de obtención de información y ya en su momento se han ido aportando reflexiones al respecto; ya el análisis de la cuestión relativo a la célula que se ha realizado en el Capítulo 1º había mostrado la simplicidad en términos de los modos y técnicas usados que se reflejaron en la casilla

correspondiente a instrumento, observándose en la misma que pocas veces se combinan o se usan de forma variada. No parece, a juzgar por lo expuesto, que un único instrumento sea suficiente para hacer inferencias sobre los modelos mentales de los sujetos de investigación, al menos en lo que se refiere a su construcción, por lo que conviene reflexionar al respecto y apuntar al uso de protocolos más diversificados, como Greca y Moreira (1997) proponen. La fiabilidad y la validez constituyen, pues, un problema importante pero no insalvable. Varios autores nos han advertido de los peligros de afirmar un determinado modelo en un estudiante concreto, como interpretación que hace el investigador, que no se corresponde con el modelo que el individuo realmente tiene. Si manejamos más de un instrumento, como antes se comentaba, y si esto lo hacemos en contextos naturales de aprendizaje y no en condiciones de laboratorio, es evidente que tendremos más garantías de que nuestras afirmaciones, nuestras interpretaciones sobre los modelos mentales de las personas con las que trabajemos, nuestros modelos sobre sus modelos serán más válidos y más fiables. En todo caso,

“A pesar de que los relatos verbales remontan a los introspeccionistas, el uso de tales relatos como datos no debe confundirse con la introspección. La introspección tomaba las verbalizaciones de los sujetos con valor terminal, constituyendo una teoría válida sobre sus propios procesos de pensamiento. Hoy, sin embargo, el análisis de protocolos trata los relatos verbales como fuente de datos de los que una teoría generada por el investigador debe dar cuenta -tal teoría tal vez tenga la forma de una simulación computacional” (Simon y Kaplan, 1989, pag. 21, citados por Moreira, 1997, págs. 30-31).

Como vemos, lo que se busca es una conceptualización sobre la mente, una teoría que nos permita explicar cómo funciona y por qué lo hace así y que nos aporte, también, mecanismos o pautas para validarla, es decir, para poder comprobar si sus explicaciones al respecto son consistentes. Se pretende una visión más íntegra, más completa que, por su desarrollo y por su definición conceptual, sea susceptible de generar explicaciones. Pero, claro está, como Johnson-Laird apunta: *“la mente debe ser más complicada que ninguna teoría sobre ella; por muy complicada que sea la teoría, un mecanismo que inventa debe ser aún más complicado”* (Johnson-Laird, 1983, pág. 1), y lo es para todos y cada uno de los autores de los trabajos seleccionados, sean del enfoque que sean, trabajen desde una u otra perspectiva porque todos son conscientes de que es esa mente que queremos comprender la que procesa información y aprende y es esa misma mente la que genera, en este proceso, las teorías que aprendemos y que nos permiten enfrentarnos a la realidad, al mundo, y actuar en él; es esa mente, la del “sujeto de la Psicología Cognitiva de Rivièrè (1987), la que, como vemos, de manera compartida y en un proceso de construcción colectiva y negociada nos brinda, también, una explicación, una teoría sobre sí misma que, evidentemente, en términos jerárquicos, tendrá que estar por debajo de ella ya que, como a las demás teorías, la engloba.

Y como el interés prioritario es el conocimiento de la cognición humana, de sus formas de razonamiento, ante la insuficiencia de los planteamientos descriptivos e instruccionales manifestada a través de los documentos revisados, parece más inteligible, plausible y fructífera la vertiente teórica caracterizada por la Teoría de los Modelos Mentales (Johnson-Laird, 1983) por la que se opta como referente teórico de la presente investigación y que ocupa el apartado siguiente destinado a su caracterización.

2.2.- UN MODELO MENTAL CONSTRUIDO A PARTIR DEL DISCURSO DE LA TEORÍA DE LOS MODELOS MENTALES DE JOHNSON-LAIRD.

Las siguientes páginas tienen por objeto caracterizar la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird explicitando el “modelo mental” que de la misma se ha construido, y sin ánimo de presunción, al analizar los documentos originales de este autor como referencia teórica. Y precisamente por eso, se trata de un modelo mental realizado a partir de su propio discurso, del discurso, apartado este que tiene una gran importancia en su teoría y al que le dedica un espacio también importante; la razón de ello está en la respuesta que se le dé a la siguiente pregunta: “¿qué significa decir que un discurso es verdadero porque corresponde a la realidad? El núcleo del problema es mostrar cómo el lenguaje relata el mundo a través de la mediación de la mente” (Johnson-Laird, 1983, pág. 438). La mente es el objeto de estudio de Johnson-Laird, la mente y los mecanismos que ésta utiliza para interpretar el mundo y para hacerle frente; una explicación razonable es lo que este autor busca, una explicación que, evidentemente, pretende dar respuestas al problema que plantea, como marcos explicativos de una entidad, la mente, que, como él mismo reconoce, es mucho más que cualquier teoría que se formule sobre ella. Y eso es así porque, según él:

Nuestra experiencia fenomenológica del mundo es un triunfo de la selección natural. Parecemos percibir el mundo directamente, no una representación del mismo. Con todo, esta fenomenología es ilusoria: lo que percibimos depende de lo que hay en el mundo y de lo que está en nuestras cabezas -lo que la evolución ha instalado en nuestro sistema nervioso y lo que conocemos como un resultado de la experiencia. Los límites de nuestros modelos son los límites de nuestro mundo”. (Johnson-Laird, 1989, pág. 470-471).

Esta segunda parte del capítulo que expone la fundamentación teórica de la investigación posterior se articula en torno a una primera consideración relativa a la necesidad de una teoría de la mente, así como a las características que ésta debería tener; un segundo punto centrado en la definición de los elementos fundamentales de la teoría que sirva para explicitar los constructos básicos de la misma, y, por último, un espacio dedicado a posibilidades y limitaciones, lo que, en conjunto, nos permitirá determinar en qué medida la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird es una teoría adecuada explicativamente.

2.2.1.- ¿Por qué una teoría de la mente?

Johnson-Laird defiende la idea de que, si bien la mente humana es extraordinariamente compleja, los procesos cognitivos que en ella se desarrollan son procesos comprensibles en la medida en que los seres humanos, apoyándose para esta afirmación en Craik, son procesadores de información, lo que implica procesos de traducción/traslación, manejo/manipulación y retraslación/nueva traducción de símbolos. “Los seres humanos parecen tener un acceso privilegiado a la mente porque para ellos es posible la introspección” (Johnson-Laird, 1983, pág. 1). La forma en la que se procesa esa información, sus mecanismos intrínsecos, la forma, por tanto, según la cual se obtiene o de la que se deriva una respuesta como producto de ese proceso, respuesta que permite una adaptación del individuo a su medio, es lo que centra la

atención de Johnson-Laird. Pero *“la mente debe ser más complicada que cualquier teoría propuesta para explicarla: por más complicada que sea la teoría, es más complicada la mente que pensó en ello, en primer lugar”* (ibid.) y estas palabras tuyas ya se han apuntado, pero se insiste en ellas porque dan cuenta de que el autor es consciente del poder y de los límites de su planteamiento. Un organismo, un instrumento, un sistema que es capaz de generar teorías evidentemente es más complicado que las teorías que genera, que los cuerpos teóricos que construye en aras de conocer y profundizar en la interpretación de su propia naturaleza y la de aquello que lo rodea. Pero un sistema así, precisamente por su propia naturaleza, quiere y debe conocer cómo es eso posible, quiere hacer inferencias de cómo hace inferencias, quiere hacer aproximaciones que expliquen o den algunos indicios de cómo es esto factible. Y eso es construir una teoría, así es como la mente humana ha construido sus teorías científicas relativas a explicaciones sobre fenómenos físicos, explicaciones que, evidentemente, no se agotan en sí mismas, explicaciones que no son “teorías acabadas”, perfectas, sino sólo eso, aproximaciones tentativas que se van superando y que, progresivamente, van ampliando un cuerpo teórico de conocimiento; y así, también, es como debemos abordar el estudio de la mente, a través de una teoría que suponga intentos explicativos de su funcionamiento, aproximaciones no acabadas en sí mismas, que no den respuesta a todo ni todas las respuestas, pues eso sería imposible en la medida en que un sistema que construye esas teorías, ¡claro está!, está por encima de aquéllos que son sus productos.

Una teoría, por tanto, para explicar la mente se hace necesaria y una teoría para explicar la mente es posible; pero una teoría para explicar cómo es y cómo funciona la mente no es la mente en sí, es sólo eso, una aproximación que da cuenta del por qué de ese funcionamiento a través de una serie de principios que justifican el cómo del mismo. Para Johnson-Laird esta idea está clara; él ve la necesidad de articular una teoría general sobre la mente humana dejando claro que la mente es mucho más. Su propuesta al formular la teoría es una propuesta explicativa que se incardina en muy diferentes campos del conocimiento de los que se nutre y de los que aprovecha múltiples ejemplos, pero que va más allá, que los engloba, que los supera en la medida en que tiene un alto valor heurístico; no en vano, él explicita su compromiso metodológico con la Ciencia Cognitiva cuando expresa que una disciplina simple no podría dar cuenta de ello.

Desde estas “simples” disciplinas, sin ánimo de descalificación, se han hecho grandes avances, se han dado múltiples aproximaciones pero en muchos casos se hacen descansar las explicaciones sobre “ingredientes mágicos”, sobre constructos que son propios del modelo que los define en sí mismos y que sólo son comprensibles por parte de la persona o personas que los proponen. Estos “ingredientes mágicos” son los que Johnson-Laird trata de eludir porque entiende que si se evita toda posibilidad a la intuición, a la subjetividad, a la magia, en definitiva, del investigador en lo que son sus procedimientos de indagación e interpretación, se estará evitando la posibilidad de que haya limitaciones debidas a los sesgos característicos de aquellas “cualidades”; su objetivo es que la responsabilidad de las previsiones sea lo más general y lo más aplicable posible. ¿Cómo conseguir que la teoría, aun teniendo ingredientes mágicos, no sea mágica? ¿Cómo garantizar que las conclusiones y las interpretaciones que se realicen utilizando esta teoría como marco de referencia no estén sujetas a la subjetividad o al “buen hacer” o habilidad del ejecutor? Johnson-Laird da a estas cuestiones una respuesta: procedimientos efectivos. *“Hay un criterio que evitaría este peligro. La teoría debería ser describible en la forma de un procedimiento efectivo”*

(op. cit., pág. 6). Un procedimiento efectivo es un procedimiento capaz de ser realizado por una máquina, un procedimiento que no responde más que a criterios objetivos de ejecución, una ejecución que no tiene nada que ver con elementos contextuales interpretables y que, por lo tanto, como él dice, evita el peligro de apoyar sus aseveraciones en ingredientes mágicos productos del interpretador. Cabría preguntarse si este constructo de procedimiento efectivo tiene su ámbito de acción en la propia teoría en sí, en su construcción teórica, o en nuestras construcciones teóricas personales, en nuestras teorías individuales, las teorías que Johnson-Laird (¡y nosotros!) pretende comprender. Podríamos entender y admitir que se refiere a este segundo aspecto en el sentido de que lo que se está etiquetando como procedimiento efectivo es el proceso según el cual yo como individuo soy capaz de interpretar el mundo manejando una serie de símbolos que son los mismos y se manejan, también, de la misma manera por parte de los otros individuos con los que interactúo. ¡Claro está que tendrá que ser un procedimiento efectivo! y efectivo para todos los interlocutores y la mejor manera de garantizarlo es aceptar que es un procedimiento capaz de ser implementado por una máquina.

Pero dejábamos la puesta abierta a otro matiz, a otro posible nivel de interpretación en el ámbito de la propia teoría; si bien es cierto que las referencias a esta cuestión en los documentos originales se centran en el aspecto ya comentado, cabe la posibilidad, y a veces así parece veladamente expresarlo, de que Johnson-Laird se refiera a procedimientos efectivos de indagación en el marco de la teoría, procedimientos que deben ser, también, ejecutables por parte de una máquina de manera que también en este sentido y en este contexto, se evite la tendencia natural a una interpretación subjetiva, tendencia a recurrir a elementos mágicos como, según él, puede desprenderse de los razonamientos piagetianos o vygotskyanos. Susceptible es, por supuesto, este extremo de la misma crítica ya que podría concluirse que “procedimiento efectivo” es ese ingrediente mágico de la Teoría de los Modelos Mentales, pero esa crítica queda superada con la propia definición que se ha dado del concepto, en la medida en que, por ser ejecutable por una máquina, se elimina el riesgo a la subjetividad en la interpretación de los resultados que deriven de trabajar con esta teoría. Debe quedar claro, no obstante, que cuando se habla de procedimientos efectivos en el ámbito de la teoría, no se está haciendo referencia a cuestiones metodológicas que, lógicamente también, tendrían que dar cuenta de esos procedimientos efectivos, sino que solamente se está aplicando, por extensión, la misma idea, el mismo constructo, a todo el cuerpo teórico que la teoría genera y representa como un elemento de coherencia y validez en sí misma.

Podríamos preguntarnos el por qué de las reflexiones anteriores. Su pertinencia nace de la consideración que Johnson-Laird hace de una teoría de la mente.

“Las teorías generales acerca de la mente tendrían que ser expresadas en el lenguaje vernáculo de la ciencia cognitiva. Tales teorías tienden a ser vagas, en términos generales, en correspondencia a su comprensión. No importa. Los modelos explícitos de partes de la teoría pueden y deben desarrollarse en la forma de programas de ordenador. Tales programas no serían pensados como estudios en simulación computacional o inteligencia artificial. Por el contrario, el punto de un programa sería desarrollar una teoría general” (op. cit., pág. XII).

Ésa es su pretensión: formular una teoría general sobre la mente que sea explicativa, que responda adecuadamente a lo que hoy por hoy se sabe sobre la misma, articulado en torno a un funcionamiento efectivo producto de procedimientos efectivos.

¿Qué es lo que le pide Johnson-Laird a una teoría de la mente? Como hemos visto, no pretende explicarlo todo, no persigue agotar el conocimiento y, ni tan siquiera, la explicación sobre su modo de actuación. Le pide que sea fiable, que tenga coherencia y validez y hace descansar estas características en la idea de procedimiento efectivo. Con estos procedimientos (¡y por estos procedimientos!) y con aquellas características, considera que (op. cit.):

- 1.- La teoría debe adoptar tanto inferencias implícitas como explícitas.
- 2.- La teoría debe resolver la paradoja central de cómo los niños aprenden a razonar, a saber, cómo pueden adquirir reglas de inferencia antes de que sean capaces de razonar válidamente.
- 3.- La teoría debe ser compatible con el hecho de que los seres humanos son capaces de hacer inferencias válidas.
- 4.- También debe ser compatible con los orígenes de la lógica.

La teoría propuesta responde a estos aspectos porque *“estos cuatro puntos corresponden a los criterios que cualquier teoría adecuada explicativamente para el razonamiento debe satisfacer”* (op. cit., pág. 145). Como ya se ha expresado, desde diferentes campos filosóficos, psicológicos, lógicos, etc, se ha abordado el tema; el estudio de la mente no es nuevo. ¿Qué es lo que ocurre, entonces? Se han formulado diferentes explicaciones, se han avanzado distintos modelos, se han entablado variadas controversias pero nada de eso ha atendido a estos cuatro criterios de los que la teoría que nos ocupa da cuenta, como Johnson-Laird demuestra; su teoría “a priori” es una teoría adecuada explicativamente porque es fiel a estos criterios y porque lo es con el concurso de procedimientos efectivos que han permitido generar este cuerpo teórico de conocimiento. En términos de Schwab (1975), podríamos decir que Johnson-Laird postula, ¡lanza!, una teoría como producto de la construcción de un cuerpo coherente de conocimiento en torno a la mente y a su capacidad de razonamiento, un conocimiento que tiene un componente o estructura semántica propia, pues hay un contenido específico inherente, capaz de responder a los cuatro criterios anteriores, así como una vertiente o estructura sintáctica, es decir, una forma, también propia, de validar y de ampliar dicho contenido, forma que se articula en torno a los procedimientos efectivos.

Partiendo del supuesto teórico ya expresado de que los seres humanos son procesadores de información, la idea que subyace es una consideración computacional de la mente; este sustrato teórico es el que permite al autor hilvanar toda una teoría que responde a lo expuesto pero que no pretende solucionar todos sus problemas; de hecho, la metáfora de la mente como un ordenador es una idea muy criticada, fundamentalmente por quienes, en sus réplicas, no atienden a los cuatro criterios que validan una teoría de la mente adecuada explicativamente. *“Quizás el aspecto más sorprendente de la ciencia cognitiva es que no hay necesidad de abandonar esta creencia: los sentimientos y el libre albedrío pueden explicarse desde dentro de un marco computacional (...) La ciencia cognitiva no amenaza nuestra libertad ni nuestra dignidad”* (Johnson-Laird, 1990, pág. 365). Ciertamente Johnson-Laird es un gran provocador pero al mismo tiempo es prudente porque deja claro cuáles son los límites de sus presupuestos y principios. Un planteamiento computacional de nuestra mente no

es ninguna amenaza; el marco teórico que ofrece el autor del funcionamiento computacional de la mente, funcionamiento que, según él, da como resultado la construcción de modelos mentales, tampoco amenaza el conocimiento producido hasta el momento. En teoría es eso, una teoría; una teoría que da cuenta de lo que él entiende que debe resolver una teoría de la mente, es una aproximación que se sustenta y apoya en otras muchas y que las supera en la medida en que se articula en torno a una idea de globalidad de la mente humana y de su funcionamiento que da como resultado una manera más versátil y funcional del comportamiento de la mente y, al mismo tiempo, una manera más global y sencilla de explicar dicho comportamiento. ¿Cómo consigue esto Johnson-Laird? La respuesta se articula en torno a los tres ejes que considera: ¿qué se computa? ¿cómo se llevan a cabo los cálculos? ¿cuál es la neurofisiología subyacente? Consistentemente con lo anterior, se advierte la necesidad de diferenciar distintos niveles de explicación que nos llevarían a contemplar:

- Una teoría general de lo que computa la mente.
- Una teoría del programa que utiliza para llevar a cabo los cálculos.
- Una teoría de cómo se materializa el programa dentro del sistema nervioso.

Éstos son los tres ejes o pilares que desarrollan la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird, teoría necesaria y, por lo expuesto hasta el momento, suficiente que da cuenta, como se espera mostrar, de que “*el ordenador cognitivo es un dispositivo para convertir energía en símbolos, símbolos en símbolos y símbolos en acciones*” (op. cit., pág. 366). Los riesgos y las limitaciones de la defensa de un planteamiento computacional, a pesar de constituir éste el eje de su teoría, no escapan a su propio discurso.

2.2.2.- La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird

La explicación de un cuerpo teórico como éste no es fácil; de lo expuesto puede derivarse que se trata de algo y con algo que requiere un alto grado de abstracción. Para abordar una síntesis de la teoría o, cuanto menos, de lo que de ella se ha captado, se ha optado por atender en este espacio a dos apartados que se consideran básicos: los elementos fundamentales de la teoría, en primer lugar, es decir, sus conceptos-clave, y, como consecuencia y producto de lo anterior, una explicación un tanto más detallada de los modelos mentales.

2.2.2.1.-Elementos fundamentales de la teoría

Los elementos-clave que nos permiten identificar la Teoría de los Modelos Mentales derivan, lógicamente, de los tres niveles de análisis que se han expuesto en el apartado anterior y, por lo tanto, de las subteorías que el autor delimita. Habitualmente se sigue esa secuencia para su presentación, secuencia que nos llevaría a comenzar por el análisis de las representaciones y sus tipos, pero no es la única válida; obsérvese más adelante que hay más de una lógica posible, que podemos construir múltiples modelos y seleccionar uno dentro de los posibles o, incluso, que, como el propio autor argumenta, podemos razonar sin ninguna lógica. Lo que sí deberíamos proponernos como meta es responder a los elementos fundamentales de dichas subteorías, y de la teoría que las engloba y nos ocupa, una vez acabado este apartado,

dando por sentado que, en el camino, se irán explicitando las representaciones que, articuladas o no como modelos, como tendremos ocasión de comprobar, se han ido construyendo en función de la información, del discurso analizado relativo a los modelos mentales. Podremos discutir, al final, también, si es o no éste un procedimiento efectivo, no tanto en términos de Johnson-Laird, como en términos de aprendizaje, un aprendizaje en el que el autor cree y que explica cognitivamente desde su propia teoría y que podremos evaluar si se ha producido en la persona que escribe estas líneas.

Las tesis fundamentales de Johnson-Laird giran en torno a la idea de que los seres humanos construimos modelos mentales del mundo para poder aprehenderlo y para poder actuar y reaccionar frente al mismo, para poder responder, incluso en términos biológicos de lo que se entiende por función vital de relación o respuesta, y que eso lo hacemos por el uso de procesos mentales que son tácitos, que no necesariamente tienen que ser explícitos ya que el hecho de que no lo sean no nos impide actuar y reaccionar frente a dicho mundo, no nos deja desprovistos de la capacidad de interpretación inherente al funcionamiento de la mente. Desde esta perspectiva, el primer elemento al que deberíamos atender es la propia mente, qué es lo que en este contexto responde a la etiqueta o símbolo “mente”. Como ya se ha expresado, el autor busca una teoría explicativa de su estructura y de su funcionamiento, pero hace explícito insistentemente que la teoría no es la mente; considera que la mente, como estructura que es capaz de generar ésta y otras teorías científicas, necesariamente tiene que ser mucho más. Pero parece útil abordar su estudio porque la mente es comprensible. ¿Qué modelo de mente defiende Johnson-Laird? La respuesta a esta cuestión nos lleva a lo que podría considerarse el primero de los elementos constitutivos de su teoría: la mente es computacional, es capaz de operar con un conjunto de símbolos que le permiten procesar la información. Pero la mente es limitada y se hace descansar sobre una estructura física, biológica (el cerebro) que también es limitada.

“Si hay un número finito de diferentes símbolos, o un método de representación de algunos símbolos para términos finitos, entonces un símbolo puede traducirse en código binario y, por consiguiente, para cada operación en palabras o símbolos, hay una correspondiente función computable” (Johnson-Laird, 1983, pág. 7).

Éste es el sentido en el que se habla de una mente computacional, esto es lo que nos lleva a la metáfora del ordenador ya que *“el criterio implica que una teoría puede ser implementada en la forma de un programa de ordenador”* (op. cit., pág. 8). El aspecto crucial de la metáfora es el funcionalismo porque los procesos mentales se caracterizan por su organización funcional; la cuestión de fondo no es que se tenga un modelo mental o no, no se trata de que se haya construido o no una representación, porque el modelo o la representación en sí sirven para muy poco si no tienen esa funcionalidad. El hecho de que adquieran este carácter funcional nos lleva a la forma en la que el modelo en sí se ha construido y lo que nos dice el autor es que esta forma puede ser computacional y debe ser computacional en la medida en que, de este modo gana funcionalidad.

Esto nos lleva al segundo elemento destacable de la teoría, a saber: procedimientos efectivos; ya se ha hablado de ellos en el apartado anterior porque constituyen un eje básico de la definición que Johnson-Laird hace de una teoría adecuada explicativamente de la mente. Pero donde realmente puede entenderse el

concepto es aquí y es ahora; un procedimiento efectivo, como se recordará, es un procedimiento susceptible de ser implementado por una máquina. Si partimos de una mente computacional que opera de forma que pueda reducir sus símbolos a un lenguaje binario, entenderemos fácilmente que ese modo de operar para enfrentarse al mundo es un procedimiento efectivo y entenderemos, también, y de mejor manera la tan traída y llevada equiparación del funcionamiento de la mente con el funcionamiento del ordenador porque, en el fondo, no es más que cuestión de programas codificados en un lenguaje propio y que necesitamos descodificar para asignar significados en el mundo del que dependemos y al que nos enfrentamos. La potencialidad que Johnson-Laird le ve a semejante planteamiento es que aumenta la validez, la fiabilidad y la consistencia de las explicaciones que se desarrollen, de las inferencias que se hagan sobre la estructura y el funcionamiento de la mente y sobre la propia mente. *“Abandonar este criterio es reconocer que las teorías científicas pueden ser vagas, confusas y parecer doctrinas místicas sólo convenientemente comprendidas por sus proponentes”* (ibid.). Desde su punto de vista, una teoría científica sobre la mente tiene que eludir caer en estas limitaciones y considerar que la mente es computacional y que opera a través de procedimientos efectivos capaces de ser simulados por una máquina lo evitaría. De ahí deriva su interés por buscar argumentos centrados en la máquina de Turing, por una parte, cuyos fundamentos giran en torno a lo que puede realizar ¡y aprender! una máquina universal que usa un código binario; y, por otra, la recursión primitiva que supone también composición y minimización, procesos estos que se utilizan en la confección de los programas de ordenador. Lo anterior no constituye otra cosa que ejemplos de lo que se está entendiendo por procedimientos efectivos, procedimientos que, convenientemente experimentados, han mostrado la factibilidad de su traducción al funcionamiento de la mente.

Fundamentalmente el último de los ejemplos nos conduce a lo que podríamos llamar el tercer elemento clave de la Teoría de los Modelos Mentales que es la revisión recursiva. ¿Y qué es esto? La revisión recursiva no es más que un procedimiento efectivo. El pensamiento deductivo del que hace gala Johnson-Laird en su teoría opera extrayendo conclusiones de premisas; la mejor manera de ejemplificarlo es la especificación de la forma en la que procede el tratamiento axiomático, forma que se articula en función de la lógica formal:

- 1.- *“Un vocabulario de símbolos.*
- 2.- *Un grupo de reglas sintácticas que recursivamente define expresiones bien formadas.*
- 3.- *Un grupo de expresiones bien formadas que se dan como axiomas.*
- 4.- *Un grupo de reglas de inferencia que habilitan las expresiones bien formadas para ser derivadas de otras”* (op. cit., pág. 26).

Como vemos, emana de lo anterior una actuación recursiva de la mente que, según los postulados de la lógica mental, requiere axiomas y reglas de inferencia; esto determina una doble vertiente:

- semántica, que se refiere al significado, al contenido, no considerado en el ámbito de la lógica. Es lo que, desde otros contextos, determina la validez de los axiomas. (Estructura substancial de Schwab).
- sintáctica, que se refiere a la forma, a cómo se produce y procesa, a cómo se genera, pudiendo según los lógicos, actuar independientemente del contenido,

extremo este que Johnson-Laird no comparte para su teoría de la mente. Esta vertiente determina la derivabilidad. (Estructura sintáctica de Schwab).

Es evidente que con lo anterior acabamos de entrar en un terreno difícil, escurridizo, en el que no hay procedimientos efectivos que nos garanticen la validez, en el más puro significado de la palabra, de lo que se pueda afirmar; de hecho, los seres humanos podemos razonar sin lógica, razonamos antes de la invención de la lógica, hacemos inferencias y las contrastamos por procedimientos recursivos sin que para ello tengamos que hacer uso de reglas de inferencia y, ni mucho menos, ser conscientes de ello. Pero posiblemente la mayor aportación de la lógica a la Teoría de los Modelos Mentales sea la asunción de los componentes básicamente deductivos del funcionamiento de la mente y, consecuentemente con ello, el carácter recursivo de las inferencias que de ello se deriven en el más puro estilo popperiano. La gran limitación que este modelo lógico sustenta es la desvalorización total del contenido, su importancia para la comprensión y el entendimiento y, por lo tanto, para articular una teoría sobre los procesos mentales. *“El contenido es crucial y esto sugiere que cualquier teoría general del razonamiento humano debe incluir un importante componente semántico”* (Wason y Johnson-Laird, 1980, pág. 318). Las reglas de contenido específico por sí solas tampoco resuelven este problema por ser eso, reglas. Johnson-Laird considera que para la comprensión humana es fundamental la comprensión del contenido y, consecuentemente con ello, para la comprensión del funcionamiento de la mente tendremos que incorporar y dar valor al contenido, a la semántica.

“Comprender una afirmación es, como mínimo, tener alguna idea de las circunstancias en las que será verdadera y en las que será falsa. La significación de un conectivo debe, pues, especificar su contribución a las condiciones de verdad de las afirmaciones. Así, las significaciones y las reglas formales de inferencia son entidades teóricas distintas: las significaciones se corresponden con las condiciones de verdad y surgen del dominio de la semántica, mientras que las reglas de inferencia especifican lo que resulta de ello y son un asunto de manipulaciones sintácticas”. (Johnson-Laird, 1993, pág. 10).

La lógica mental da un número potencialmente infinito de deducciones posibles que responden adecuadamente a las leyes de esa lógica; pero no todas se usan, ni siquiera habría una estructura capaz de sustentarlas físicamente. Está claro, entonces, que tiene que haber una selección de aquella o aquellas que responden a las necesidades del individuo, en función de las restricciones propias del sistema y esto sería heurística. ¿Cómo se produce la selección de las deducciones que dan respuesta al problema? Evidentemente estamos hablando de contenido; *“Las propiedades lógicas de las relaciones emergen de sus significados”* (Johnson-Laird, 1983, pág. 136). Lo que el autor está diciendo es que se trata de contenidos, de atribución de significados y no sólo del uso de reglas porque eso no nos permite razonar. *“El objeto del que razona es llegar a conclusiones verdaderas, o al menos plausibles, antes que a conclusiones simplemente válidas. Los conocimientos pueden facilitar este proceso suministrando informaciones pertinentes y un medio para estimar la verdad de las conclusiones”*. (Johnson-Laird, 1993, pág. 11). No nos valen, pues, sólo las reglas; las condiciones de verdad de las conclusiones a las que los sujetos llegan en sus procesos inferenciales guardan una estrecha relación con sus creencias, son verdaderas o falsas en función de las mismas y esto, como es fácilmente deducible, tiene una correlación directa con el

conocimiento del que disponen. Las reglas formales de inferencia, por propia definición, están al margen de tales creencias (Johnson-Laird, 1993) y justificarían, por tanto, conclusiones que fueran formalmente lógicas pero totalmente independientes del contenido, falsas, erróneas, lo que se ve corroborado por los datos empíricos. ¡No admitimos que un francés es italiano! porque consideramos el significado, el contenido, la semántica de la conclusión; no cuestionamos la generación espontánea de la vida y buscamos otra explicación alternativa si ésta es nuestra creencia. El razonamiento no es sólo un proceso sintáctico, sino que se apoya en los significados que se atribuyen a las premisas y es esto lo que dota de comprensión, derivándose de ello conclusiones válidas, “personalmente” válidas, idiosincráticamente válidas y no sólo conclusiones lógicas simplemente válidas.

“Los lógicos han relacionado lenguaje con modelos sólo de ciertas maneras; los psicólogos sólo lo han relacionado con sí mismo. La tarea real, sin embargo, es mostrar cómo el lenguaje relaciona el mundo por medio de la mente. Las redes semánticas, la descomposición semántica y los postulados de significado no son suficientes para esta tarea por no dar cuenta de las condiciones de verdad. [...]. La teoría de los modelos mentales establece la relación requerida: usted puede construir modelos del mundo basándose en el discurso y puede, si fuera necesario, comparar tales modelos con los que construye por otros medios -de la percepción, de la memoria, de la imaginación. Una expresión es verdadera con respecto a la percepción, memoria o imaginación si sus condiciones de verdad se satisfacen dentro del modelo derivado de esas fuentes. Un modelo mental representa la “referencia” de una sentencia -el particular estado de asuntos al que la sentencia refiere-, pero porque el modelo puede ser revisado como un resultado de información subsecuente, funciona como una muestra representativa del conjunto de todos los posibles modelos que deben construirse de una representación lingüística inicial de la sentencia. Así, esta representación lingüística capta las condiciones de verdad, o sentido, de la sentencia” (Johnson-Laird, 1988, pág. 58).

Sentido y referencia es lo que nos va a permitir atribuir significados y asignando significado a través de los contenidos, podremos razonar de manera heurística y hacer la selección “correcta”, digamos adecuada, en función de un procedimiento efectivo: la revisión recursiva que podríamos admitir que opera deductivamente a través del pensamiento heurístico. La revisión recursiva como procedimiento efectivo introduce sus raíces en la lógica mental y se nutre de ella, siguiendo el símil biológico, como instrumento intelectual, dando, por tanto, respuesta a uno de los muchos “cómo” que constituyen principios de la teoría; pero Johnson-Laird va más allá, pues quiere dar respuestas a los “por qué”, quiere construir una teoría que dé cuenta de aquellos principios. ¿Por qué la revisión recursiva es un procedimiento efectivo decisivo en el ámbito de la Teoría de los Modelos Mentales? ¿En qué consiste esta revisión recursiva, que es un procedimiento efectivo que, como tal, da cuenta del funcionamiento computacional de la mente? La revisión recursiva es importante porque es el mecanismo según el cual la mente humana contrasta sus modos de enfrentarse a la realidad que vive y, en función de ello, permite la elección de aquella representación o modo de hacerle frente; este mecanismo recursivo, lógicamente, tiene que ser versátil, funcional y rápido y, para ello, la mejor manera de explicarlo es hacerlo descansar en transformaciones computables. Lo que plantea Johnson-Laird en relación con la revisión recursiva responde a lo que, en el contexto de la Teoría del Aprendizaje Significativo, se entiende

por diferenciación progresiva en el sentido de que, dentro de los posibles, se establecen restricciones y, en función de su uso, se utilizan determinados conocimientos, determinadas construcciones (“modelos mentales”) para interpretar el mundo; pero, precisamente para interpretarlo, se realiza mentalmente una reconciliación integradora entre ese mundo y los posibles (reconciliación que se articula en torno a la revisión recursiva como procedimiento efectivo) que se han seleccionado dentro de todas las posibilidades. ¿Cómo se realiza esto? ¿Qué es lo que es objeto de revisión recursiva?

¡Llegamos a modelos mentales! El objeto de la revisión recursiva son precisamente los modelos mentales; constituyen lo que podemos considerar el último concepto-clave de la teoría. ¿Por qué es éste un concepto fundamental en los planteamientos de Johnson-Laird? Porque para él, los seres humanos construimos modelos mentales como análogos estructurales de la realidad que constituye nuestro mundo, construimos análogos estructurales del mundo; no nos representamos el mundo tal como es sino que hacemos en nuestras mentes algo similar a ese mundo. Hasta ahora se habían expuesto los “cómo”, es decir, al hilo de la explicación de los elementos fundamentales de la Teoría de los Modelos Mentales, han ido surgiendo explicaciones del autor relativas a lo que constituyen sus principios; pero una teoría no se queda en eso sino que da un paso más allá, ya que atiende a los “por qué” de esos principios, es decir, articula un conocimiento coherente que da cuenta de por qué los principios funcionan de esa manera. Modelos Mentales es una teoría porque los modelos mentales son, precisamente, las entidades que responden a ese funcionamiento. Y responden como análogos estructurales del mundo a través de la revisión recursiva que somos capaces de hacer sobre y con ellos haciendo uso de procedimientos efectivos articulados en torno al lenguaje computacional característico de la mente humana. Podríamos considerar, por lo tanto, que un modelo mental es el producto de todos los elementos anteriores, del significado que a ellos se les ha atribuido, pero que tiene también en sí mismo su propio significado, su semántica característica y su sintáctica inherente, aunque dependiente del sustrato teórico que la define. Por ello, y en la medida en que modelos mentales es el constructo que da nombre a la propia teoría, merece atención especial e individualizada; hasta ahora se ha mostrado la necesidad de una teoría de la mente y los criterios a los que debe atender, en primer lugar, y lo que podríamos considerar el núcleo duro de la teoría de Johnson-Laird, en segundo lugar, núcleo centrado en:

- mente computacional.
- procedimientos efectivos.
- revisión recursiva.
- modelos mentales.

Al hacerlo, y casi sin darnos cuenta, le hemos ido dando cuerpo a esta teoría y lo hemos hecho porque se han ido desgranando principios que dan razón de cómo funciona, según Johnson-Laird, la mente, aterrizando en lo que constituye el por qué del mismo, a saber: construimos modelos mentales, los modelos mentales que ocuparán el siguiente apartado para completar una visión global de la misma.

2.2.2.2.- Modelos Mentales

Como se ha expresado anteriormente, parece conveniente dedicarle un espacio propio a este constructo que exprese y muestre los rasgos más sobresalientes de

su significado; no en vano, la teoría opera sobre modelos mentales, son los modelos mentales los que, en términos prácticos, la definen y son, también, los modelos mentales los que se supone que se pueden identificar y tipificar en los seres humanos.

Los modelos mentales son análogos estructurales del mundo y lo son porque

“los seres humanos, por supuesto, no aprehenden el mundo directamente; poseen sólo una representación interna del mismo porque la percepción es la construcción de un modelo del mundo. Ellos son incapaces de comparar esta representación perceptual directamente con el mundo -es su mundo” (Johnson-Laird, 1983, pág. 156).

Ésta es una de sus principales características: los modelos mentales son representaciones internas que actúan como puentes entre el sujeto (la mente) y ese mundo con el que interactúa. ¿Por qué es necesario un puente, un intermediario entre el sujeto y su realidad, entre la mente y el mundo? Esta cuestión ya ha surgido con anterioridad, ya nos hemos planteado el significado que se le atribuye actualmente al concepto de representación. Las siguientes sentencias de Johnson-Laird nos dan también la respuesta:

- *“La naturaleza de la mente y su sistema perceptual ejerce un decisivo efecto en el mundo que percibimos”.*
- *“Nuestra visión del mundo es causalmente dependiente de la manera en que el mundo es y la manera en que somos nosotros”.*
- *“Todo nuestro conocimiento del mundo depende de nuestra habilidad para construir modelos de él”.* (op. cit., pág. 402).

Lo que construye nuestra mente son modelos mentales que se caracterizan por su funcionalidad; son modelos del mundo que hemos percibido o concebido que resultan rápidos, eficaces, versátiles, funcionales, en una palabra. Y lo son porque nuestras respuestas frente a ese mundo tienen que ser así, incluso en términos biológicos, por una clara cuestión de supervivencia. Como el propio autor apunta, la selección natural debe haberse encargado de ello con objeto de proveernos de un modelo con el que operar, de un modelo de trabajo. Porque los modelos mentales son eso, modelos de trabajo, modelos para actuar en el mundo, de los que no necesitamos ser conscientes, del mismo modo que no lo somos del mecanismo intrínseco de un ordenador cuando lo usamos o de un coche cuando lo conducimos; nos interesa el resultado, lo que hacemos con eso, del mismo modo que nos interesa, como resultado, el modelo, lo que hacemos con él frente al mundo, sin necesidad de recurrir a los mecanismos intrínsecos que lo han construido. ¡Pero modelo, modelo, modelo! ¿Qué dice Johnson-Laird que es un modelo mental?

“Es ahora plausible suponer que los modelos mentales juegan un papel central y unificador en la representación de objetos, estados de los asuntos, secuencias de eventos, la manera de ser del mundo, y las acciones sociales y psicológicas de la vida diaria. Capacitan a los individuos para hacer inferencias y predicciones, comprender los fenómenos, decidir qué acción tomar y el control de su ejecución y sobre todo para la experiencia de eventos por aproximación; reconocen el lenguaje que debe usarse para crear representaciones comparables con aquéllas de las que derivan por conocimiento

directo con el mundo; y relacionan palabras del mundo a través de la concepción y de la percepción” (op. cit., pág 397).

Los modelos mentales son, de esta manera, extraordinariamente funcionales, de ahí su potencialidad. Pero, sobre todo y por encima de todo, son representaciones internas, son correlatos mentales de la realidad, de nuestro mundo. Si atendemos a su carácter representacional, el constructo de modelos mentales es muy fuerte y dotado de una profunda carga explicativa; las representaciones mentales habitualmente se han estudiado en el ámbito de dos escuelas o planteamientos contrapuestos representados por aquéllos que consideran que lo que la mente humana representa son proposiciones y aquéllos que defienden las imágenes como elementos representacionales que muestran rasgos característicos que las hacen distinguibles de las representaciones proposicionales. Dada la importancia de la polémica controversia mantenida al respecto entre estos dos planteamientos, parece conveniente señalar los puntos fundamentales de cada uno, utilizando para ello la caracterización que el propio Johnson-Laird (op. cit., págs. 147-148) hace de los mismos a través del siguiente cuadro:

“Imagistas”	“Proposicionalistas”
1.- Los procesos mentales subyacentes a la experiencia de una imagen son similares a aquéllos subyacentes a la percepción de un objeto o pintura.	1.- Los procesos mentales que conducen a una cadena de símbolos que corresponde a una imagen son similares a aquéllos subyacentes a la percepción de un objeto o pintura.
2.- Una imagen es una representación coherente e integrada de una escena u objeto desde un punto de vista particular en el que cada elemento perceptible ocurre sólo una vez que todos los elementos semejantes sean simultáneamente disponibles y abiertos a procesos de percepción semejante para escudriñarlos.	2.- Los mismos elementos o partes de un objeto pueden referirse por algunas proposiciones diferentes que constituyen la descripción del objeto. Una descripción semejante puede representarse como un conjunto de expresiones en un cálculo lógico (con acceso a un procedimiento general para hacer inferencias) o puede representarse en una red semántica.
3.- Una imagen es responsable de transformaciones mentales aparentemente continuas, tales como rotaciones o expansiones, en las que los estados intermedios corresponden a estados intermedios (o vistas) de un objeto actual experimentando la correspondiente transformación física. Por tanto, un pequeño cambio en la imagen corresponde a un pequeño cambio (o vista) del objeto.	3.- Una representación proposicional es discreta y digital pero puede representar procesos continuos por pequeños incrementos sucesivos de variables, tales como el aspecto del marco de referencia. Por tanto, un pequeño cambio en la representación podría corresponder a un pequeño cambio en la apariencia del objeto.
4.- Las imágenes representan objetos. Son analógicas en que las relaciones estructurales entre sus partes corresponden a las relaciones perceptibles entre las partes del objeto representado.	4.- Las proposiciones son verdades o falsedades de los objetos. Son abstractas en que no corresponden con cualquiera de las palabras o pinturas. Su estructura es no analógica de la estructura de los objetos que representa.

Como se ve, son planteamientos marcadamente contrapuestos que parecen excesivamente rígidos y que han suscitado, como decíamos, una de las más airadas polémicas en relación con el funcionamiento de la mente, suficientemente profunda como para que el propio Johnson-Laird le dedique en la justificación de su teoría un espacio importante. Y es una polémica que, en el fondo, hasta puede no comprenderse porque *“todas las representaciones de fenómenos físicos necesariamente contienen un elemento de simulación”* (op. cit., pág. 4). Es decir, todas simulan la realidad. No se entiende, entonces, el alcance de la polémica imagistas/proposicionalistas porque la realidad no se puede simular sólo con imágenes, ya que para interpretarlas incorporan

principios fundamentales y los principios son proposiciones; ni tampoco sólo con proposiciones porque las imágenes realmente simulan la realidad, no siendo simplemente epifenómenos. Es evidente que son entidades distintas analógicas/no analógicas y que no parece posible equiparar ninguna de ellas a la otra. Cabe, por tanto, un replanteamiento relativo a las representaciones como entidades mentales y eso es lo que hace Johnson-Laird al considerar que representamos el mundo a través de proposiciones, modelos mentales e imágenes. Las proposiciones para él son representaciones proposicionales verbalmente expresables, sentido este que reivindica el papel del contenido, del significado en la representación en la medida en que es difícilmente expresable, por no decir imposible, comunicar algo que no tenga significado. Los modelos mentales son representaciones mentales analógicas del mundo, son modelos de trabajo. Las imágenes son vistas concretas de esos modelos, de tal modo que, incluso, podríamos hablar de dos niveles: proposiciones -no analógicas- y modelos mentales -que incorporan imágenes- como representaciones analógicas; se acepta la consideración de imagen como tipo de representación, consecuentemente con lo anterior, por la importancia que éstas tienen en la construcción del modelo mental. ¿Qué supone, entonces, el planteamiento de Johnson-Laird en este terreno? Nada más y nada menos que la superación de la polémica en la medida en que los modelos mentales son modos de representación que incorporan y que manejan tanto proposiciones como imágenes. Jerarquizar estos tres conceptos no resulta fácil porque nuevamente hay distintas interpretaciones, ¡distintos modelos!. Podríamos decir que proposiciones e imágenes estarían en el tope de la jerarquía, incluso por razones históricas, como hemos visto, que dan lugar a que, tratadas adecuadamente, deriven en modelos mentales; pero podríamos también considerar a éstos como elementos jerárquicamente superiores si tenemos en cuenta que lo que hacen es englobar aquellas representaciones en otra que es más explicativa y que tiene mayor valor heurístico. ¿Resuelve Johnson-Laird este dilema? “a priori” puede ser irrelevante porque de lo que se trata es de buscar una explicación consistente con el fundamento teórico ya expuesto para el funcionamiento de estas representaciones; y la respuesta es simple: operamos con proposiciones, con modelos mentales y con imágenes y todas estas representaciones se codifican, según Johnson-Laird, de la misma manera. Pero antes de entrar en su codificación, parece conveniente determinar las diferencias entre ellas en aras de clarificar estos referentes teóricos manejados por el autor en sus explicaciones ya que *“mi tesis es que los diferentes tipos de representación son lógicamente distinguibles al menos a nivel de análisis y, además, que existen como diferentes opciones para codificar información”* (op. cit., pág. 146). Empecemos por distinguir brevemente entre representación proposicional y modelo; en la medida en que una representación proposicional es verbalmente expresable, estará sujeta a una estructura sintáctica concreta. Las proposiciones, recuérdese, son verdades o falsedades de los estados de las cosas porque no son analógicas, no tienen carácter arbitrario, caracterizándose porque son discretas.

“Las <<representaciones proposicionales>> se referirán a una representación mental que tiene alguna clase de estructura de argumentos de predicado en una sintaxis y léxico desconocido y que capta la información explícita transmitida por afirmaciones verbales y otras elocuciones. Pueden también contener cuantificadores y variables y, así, las propiedades lógicas de los límites espaciales son capturadas en postulados de significado” (Johnson-Laird, 1996, pág. 94).

De este modo es como expresa el autor el significado que le atribuye a las proposiciones como representaciones mentales en una revisión hecha al reexaminar sus presupuestos iniciales a la luz de diez años de investigación, una revisión y un examen a los que tenemos que seguir recurriendo si queremos realmente aclarar sus postulados teóricos. *“Al contrario de una representación proposicional, un modelo mental no tiene una estructura sintáctica elegida arbitrariamente, pero juega un papel representacional directo ya que es análogo de la estructura del correspondiente estado de cosas en el mundo -tal como es percibido o concebido”* (Johnson-Laird, 1983, pág. 156). Como las representaciones proposicionales están sujetas a reglas más rígidas, determinadas arbitrariamente, es evidente que manejar modelos mentales, frente a aquéllas, tiene más ventajas pues tienen una estructura dimensional que facilita su manipulación. La estructura de las representaciones proposicionales vendrá definida por su sintaxis, esto es, por una relación entre un predicado y sus argumentos (Johnson-Laird, 1996); de este modo, la proposición no es situacional ya que es abstracta, no es analógica. ¿Y en qué se diferencian los modelos de las imágenes? *“Hay claramente una relación entre imágenes y modelos mentales, yo asumiría que las imágenes corresponden a vistas del modelo: como un resultado cualquiera de percepción o imaginación, representan rasgos perceptibles de los correspondientes objetos del mundo real”* (Johnson-Laird, 1983, pág. 157). Las imágenes y los modelos mentales son, como vemos, analógicos y, por lo tanto, altamente específicos a diferencia de las proposiciones que no responden a estas características. Precisamente es aquí donde más innovaciones nos vamos a encontrar en la revisión comentada que el autor ha hecho después de diez años de trabajo; así fue como definió en su momento estas representaciones, pero ahora para modelos mentales y para imágenes, Johnson-Laird atribuye nuevos significados o enriquece los iniciales a la luz de los datos que la investigación en este referente teórico ha aportado. No deja de ser “revisión recursiva” lo que hace al construir modelos mentales más explicativos y predictivos al respecto lo que, por otra parte y además, demuestra una gran honestidad. Veamos su reformulación.

“Las imágenes son representaciones de aspectos perceptibles de una situación desde el punto de vista de un observador. Los modelos, como la evidencia experimental confirma, son diferentes a las imágenes. Los modelos contienen elementos abstractos que no pueden ser visualizados y que corresponden, no a una situación simple, sino a una clase de situaciones o, en algunos casos, a un conjunto de tales clases. Ambos, modelos e imágenes, pueden usarse para razonar en ciertas circunstancias y un estudio para contrastar diagramas con premisas verbales sugiere que las imágenes pueden conducir un razonamiento más eficaz” (Johnson-Laird, 1996, pág. 93).

Parecen haberse aclarado bastante los significados que se le atribuyen a las representaciones mentales que este autor considera en un triple código y, por lo que se ve, las estructuras de las mismas son nítidamente distintas. Las proposiciones tienen estructura sintáctica similar a una sentencia o frase, ya que se rigen por las normas de los predicados (¡de la gramática!). Las imágenes tienen la estructura de la situación -son analógicas-, pero reflejan o representan aspectos perceptibles desde el punto de vista del observador y no “todos” los aspectos; a pesar de esta subjetividad, tendrán, en todo caso, la estructura de la situación que representan. La estructura de los modelos mentales se articula en torno a tres conjuntos de elementos: entidades, propiedades de esas entidades y relaciones; son por ello más abstractos y es por eso por lo que no se restringen a una sola situación. En la medida en que las imágenes representan

situaciones, no incluyen en sí mismas condiciones de verdad que permitan deducir fases anteriores y posteriores y, tampoco, admiten la negación; los modelos mentales, por su capacidad para operar con la abstracción, van a permitir el establecimiento de deducciones y de inferencias que dotan de poder explicativo y predictivo a su usuario. En este sentido, la teoría hace tres predicciones de sumo interés:

- *“El mayor número de modelos mentales que tienen que construirse para hacer una deducción sería lo más duro de la tarea. Más modelos significa más trabajo y así la deducción se haría más larga y sería más propensa a error.*
- *Conclusiones erróneas serían consistentes con las premisas antes que inconsistentes con las mismas.*
- *El conocimiento general puede influir en el proceso mental de deducción”* (op. cit., págs. 102-103).

Si para hacer una deducción, para llegar a establecer una inferencia o una conclusión, se requiere construir muchos modelos mentales, lógicamente, se ejerce un mayor trabajo mental y la deducción es mayor, más larga, por lo que se aumentan las posibilidades de error en la misma o, incluso, la imposibilidad de lograrla. Estas predicciones justificarían la resistencia al cambio de las representaciones que ya se comentó en el capítulo anterior y en la primera parte de éste, pero en un terreno psicológico.

Antes de seguir profundizando en los entresijos de la teoría de Johnson-Laird, repasemos la estructura de su triple código representacional con sus propias palabras:

“Las representaciones proposicionales tienen una estructura de argumentos de predicado exactamente relacionada con la estructura lingüística y pueden contener cuantificadores y variables. Su estructura sintáctica precisa es desconocida y se han encontrado en la literatura varias teorías recorriendo desde redes semánticas hasta representaciones análogas al cálculo de predicados. Los modelos pueden ser tridimensionales, cinemáticos y dinámicos. Pero el pensamiento cotidiano depende de algunos conceptos que no pueden visualizarse; los modelos pueden incorporar estos predicados abstractos y pueden captar clases de situaciones de manera parsimoniosa. Por lo tanto, pueden representar cualquier situación y las operaciones en la misma pueden ser puramente conceptuales. Finalmente, las imágenes representan cómo algo se mira desde un punto de vista particular y las operaciones en imágenes son reordenamientos visuales o espaciales. Estas operaciones, no obstante, pueden servir como función simbólica” (op. cit., pág. 124).

Los modelos mentales que postula el autor son, pues, representaciones mentales, como las proposiciones e imágenes que tradicionalmente consideraba la psicología cognitiva, y atienden a los siguientes principios representacionales (Johnson-Laird, 1994):

- Cada entidad se representa por un elemento (token) individual en el modelo, sus propiedades por propiedades de los “tokens” y las relaciones de las entidades, por relaciones entre los “tokens”.
- Las posibilidades alternativas pueden representarse por modelos alternativos.

- La negación puede representarse por anotaciones proposicionales; así, la deducción puede hacerse sin necesidad de reglas formales de inferencia como las propuestas en los sistemas de deducción natural.
- La información puede representarse implícitamente en orden a reducir la carga de la memoria de trabajo.
- El status epistémico de un modelo puede representarse por una anotación proposicional.

Delimitadas brevemente las diferencias entre los tres tipos de representación (proposiciones, modelos mentales e imágenes), así como sus niveles de actuación (proposicional/analógico), y una vez mostrado el poder de los modelos mentales, tanto en términos de funcionamiento de la mente, como en la superación de la polémica comentada, deberíamos adentrarnos en la forma en la que esto se construye, en el mecanismo mental subyacente, en los procedimientos que lo hacen posible, en definitiva.

Johnson-Laird plantea que podemos diferenciar distintos niveles que se relacionan entre sí y que interactúan; podríamos aceptar que el nivel más alto fuera el de estas representaciones como elementos funcionales para operar en el mundo, y, por lo tanto, nivel en el que podemos indagar y sobre el que podremos hacer inferencias a partir de la introspección, pero este nivel es dependiente de los niveles inferiores que son los que lo codifican y que permiten esas proposiciones, modelos mentales e imágenes como resultado de procedimientos efectivos subyacentes a las mismas. Son procedimientos comunes y son procedimientos que no tienen por qué ser conscientes, es más, que no deben ser conscientes, no es necesario que lo sean del mismo modo que no era necesario, como ya se comentó, conocer el mecanismo intrínseco de un ordenador, sus procedimientos específicos, para los usuarios o que no era necesaria la lógica para razonar. ¿Cómo se construye este nivel “más alto” en la mente? Johnson-Laird da a esto una respuesta cuando se refiere a modelos construidos a partir del discurso:

“El modelo mental se construye en la base de las condiciones de verdad de las proposiciones expresadas por las sentencias en el discurso. El significado de una sentencia, consistentemente con el principio de composicionalidad, es una función del significado de sus palabras y de las relaciones sintácticas entre ellas” (Johnson-Laird, 1983, pág. 407).

O sea que para entender un discurso, construimos un modelo mental y, para ello, previamente formamos proposiciones en función de las sentencias que oímos o leemos; si estas proposiciones que hacemos de esas sentencias tienen valor de verdad para nosotros, se van entrelazando, incardinando, relacionando, hasta dar un modelo mental que nos permite la interpretación del discurso. Si las proposiciones no se articularan, no se relacionaran, nuestra comprensión del discurso sería nula o muy baja porque sólo entenderíamos frases sueltas. Pero el significado de las sentencias y, consecuentemente, el significado de las proposiciones que construimos a partir de ellas, es función del significado de las palabras y de las relaciones que se establecen entre las mismas, de modo que de este razonamiento se sigue que hay una vertiente semántica y una vertiente sintáctica, como ya se ha apuntado, sin las cuales no se puede asignar significado porque no se puede construir el modelo mental que lo atribuye. Pero surge otro problema: las palabras son símbolos para etiquetar regularidades a las que llamamos

conceptos; son regularidades porque tienen una serie de atributos que los caracterizan y sobre los que hay un consenso de modo que se puedan compartir esos significados.

Esta cuestión es igualmente aplicable a las imágenes en la medida en que también tienen un componente semántico; son analógicas porque representan los estados de las cosas, pero esas cosas también se etiquetan con palabras que simbolizan conceptos. Si los modelos mentales, en última instancia, al menos de momento, se construyen a partir de conceptos, de la percepción de los mismos como fuente primaria, si bien no sólo con eso pues podemos concebirlos y, en todo caso, se requieren una serie de reglas (aspectos) sintácticas ¿Cómo se construyen estos conceptos que están en su base? Johnson-Laird (op. cit., pág. 410) a este respecto comenta: *“Lo que nosotros podemos conocer del mundo, no obstante, depende de nuestro aparato conceptual y debe ser posible descubrir las restricciones con las que la mente puede concebir de este modo intentando llegar al final del problema ontológico”*. El autor apunta tres restricciones que tienen que ver con el hecho de que algunos conceptos sean naturales y susceptibles de representarse en modelos mentales, mientras otros lo son artificiales y habitualmente no representados en dichos modelos; con la naturaleza de los primitivos con los que se construyen los modelos y con la organización de los conceptos. En todo caso, ¿cómo se resuelve el problema?

Para dar una respuesta a lo anterior, necesariamente tenemos que descender un nivel, digamos, en la estructura operativa de la mente; como ya se ha comentado, la teoría establece que la mente emplea diferentes niveles de organización, niveles que son autónomos y que definen su propio contexto de explicación. Pues bien, en el nivel que nos ocupa pretendemos, desde la teoría, dar respuesta al problema planteado con los conceptos. Johnson-Laird postula que la mente opera con primitivos conceptuales, conceptos simples y conceptos complejos.

“Hay un conjunto finito de primitivos conceptuales que permiten el aumento al correspondiente conjunto de campos semánticos y hay un conjunto finito posterior de conceptos, o de “operadores semánticos”, que suceden en todos los campos semánticos, sirviendo para construir conceptos más complejos más allá de los primitivos subyacentes” (op. cit., pág. 413).

Lo que se propone es que el significado de las palabras semánticamente simples se articula en torno a, o sobre la base de, los primitivos conceptuales; el significado de las palabras semánticamente complejas se construirá sobre la base de los primitivos adquiridos por el significado de las palabras simples. De este modo podremos distinguir: primitivos conceptuales, conceptos simples y conceptos complejos, siendo definibles los elementos de los dos últimos y no los elementos del primero. Los primitivos conceptuales se organizan en la mente en torno a los campos semánticos propuestos por el autor como conjuntos de palabras que tienen un núcleo común en su significado. Sobre estos elementos de los campos semánticos actúan los operadores semánticos; son ejemplos de operadores semánticos espacio, tiempo, causación, intención, etc. *“Los operadores semánticos suministran, precisamente, el armazón alrededor del que organizamos el conocimiento general subyacente a la plausibilidad del discurso”* (op. cit., pág. 414). Los operadores semánticos, por tanto, dan significado a las proposiciones que hacemos ¡y a las imágenes que imaginamos! al establecer conexiones entre palabras (¡conceptos!) de diferentes campos semánticos. De este modo y en este contexto se justifica el aprendizaje porque el conocimiento se construye a

partir de una base, los modelos se construyen partiendo de un sustrato conceptual que se desarrolla semántica y sintácticamente con el concurso de los primitivos conceptuales, campos semánticos y operadores semánticos. Pero de lo anterior no sólo se deriva una justificación cognitiva del aprendizaje, sino que se deriva algo que es fundamental en la Teoría de los Modelos Mentales: el innatismo; los primitivos conceptuales son innatos. Es, como vemos, un innatismo relativo ya que se defiende la capacidad humana de aprender. *“Los primitivos son verdaderamente innatos. Perfilan habilidad para representar el mundo, llevar a cabo acciones basadas en esas representaciones e imaginar posibilidades alternativas: los primitivos subyacen a la experiencia perceptual, habilidades motoras y destrezas cognitivas”* (op. cit., pág. 413). Estos primitivos conceptuales innatos que definen campos semánticos delimitados se manejan, como se ha expresado, con operadores semánticos. ¿Podríamos considerar a estos operadores o, más concretamente, el resultado de la función que realizan en términos de la obtención de la representación, como primitivos procedimentales? ¿Serían necesarios estos primitivos procedimentales o no es más que cuestión de procedimientos efectivos? La respuesta más plausible guarda relación con éstos últimos. *“Cualquier función computable puede construirse de un grupo de funciones primitivas (el 0, sucesor y funciones de identidad) usando tres clases de bloques constructivos (composición, recursión primitiva y minimización)”* (op. cit., pág. 411). Con estas tres funciones primitivas y con estos tres operadores construimos, en este nivel de análisis, los modelos mentales; y, siguiendo la cita anterior *“si el aprendizaje conceptual sucede en un camino análogo, se sigue que un concepto no adquirido es primitivo, pero construido de primitivos o de conceptos previamente adquiridos. Por lo tanto, los primitivos no pueden ser adquiridos y deben ser innatos”* (ibid.).

Descendamos un escalón más; las últimas líneas nos dan pie para ello, ya que hemos recuperado con ellas dos elementos fundamentales de la teoría: procedimientos efectivos y carácter computacional de la mente y aún no hemos explicado su funcionamiento en estos términos. Lo que hemos visto hasta ahora es que la mente contiene procedimientos recursivos, representaciones proposicionales y modelos mentales. ¿Pero de qué depende esto? ¿Cómo está funcionalmente organizado? Esta organización funcional depende del poder computacional y de la velocidad computacional y para ello

“Lo que se necesita idealmente es un sistema que tenga flexibilidad, resistencia a la degradación y una respuesta rápida a las emergencias. Tal sistema necesita los beneficios de ambos, una organización centralizada y distribuida: un procesador de alto nivel que monitoriza y controla todas las metas de procesadores de nivel más bajo, que por turnos monitoriza y controla los procesadores hasta un nivel más bajo, y, por consiguiente, en una jerarquía de procesadores paralelos que al más bajo nivel gobiernan sensaciones e interacciones motoras con el mundo externo” (op. cit., pág. 463).

¡Ahora sí que estamos hablando de la mente en términos computacionales y ahora sí le estamos asignando procedimientos efectivos! La mente requiere una serie de procesadores que son los que determinan o definen los primitivos conceptuales, los primitivos procedimentales, los conceptos simples, los conceptos complejos, los campos semánticos, los operadores semánticos, es decir, lo que constituye las entidades básicas del segundo nivel de análisis que ya se ha mostrado. Esos procedimientos operan computacionalmente, del mismo modo que lo hace un programa de ordenador y lo

hacen en un código característico al que no tenemos acceso y al que no necesitamos tener acceso para que el sistema funcione y para actuar. Ese código tendrá una semántica y una sintáctica propias, su propio lenguaje, sus rasgos característicos, como lo tienen también los otros dos niveles de análisis ya comentados. Pero necesitamos poder y velocidad computacional porque nuestras respuestas son rápidas. Los procedimientos tienen que ser efectivos porque ellos son los que tienen que construir, a partir de bloques básicos, los edificios que nos permiten representar el mundo a través de los modelos; esos procedimientos se articulan en torno a los procesadores. ¿Pero cómo los organizamos para dar respuesta a las demandas que soportan? ¿Cómo confeccionamos el programa para que pueda atender a lo que son nuestras necesidades de representación de análogos del mundo? ¿Cómo articulamos funcionalmente estos procesadores para que den cuenta de lo que la teoría pide de ellos? El conocimiento relativo a la informática, “el mundo” de la informática tiene una salida para estas cuestiones. Tendrá que haber procesadores en paralelo porque esto permite que se puedan dar múltiples respuestas y que sean independientes; pero no puede ser sólo así porque no se podría explicar el funcionamiento de procesos que requieren pasos anteriores y suponen dependencia entre unos pasos y otros, de lo que se deduce que tendrá que haber, también, una organización distribuida a partir de un organizador central que coordine todas las acciones. De este modo, tendremos una organización funcional mixta centralizada y distribuida en paralelo que, con el conjunto de procesadores de los que dispone y con un lenguaje propio, es capaz de procesar información en este nivel más bajo, información que da como resultado los primitivos conceptuales, ..., que ya vimos a partir de los cuales se construyen las proposiciones, los modelos mentales y las imágenes que nos permiten representar el mundo en el que vivimos.

Pero queda pendiente una cuestión de vital importancia: ¿cuál es la estructura física sobre la que descansa este nivel computacional más bajo? Johnson-Laird considera que la organización funcional del cerebro y del sistema nervioso dan cumplida cuenta de estas demandas. Podemos considerar que el sistema nervioso tiene una organización jerárquica, y esta idea no es nueva, que determina un control central, representado por el cerebro, funcionando al mismo tiempo que un conjunto de conexiones neuronales que representarían los múltiples procesadores. Los elementos o entidades computacionales, en este contexto, serían las propias moléculas (proteicas ya que la especificidad es una de sus características) y los procedimientos efectivos para “operar” con ellas estarían constituidos por las reacciones químicas que éstas siguen.

“Por analogía con el código de máquina de ordenadores digitales, en los que todo el alto nivel en un código fuente de programador se compila en cadenas de símbolos binarios, así se puede argüir que todas las representaciones mentales están compiladas en última instancia en el <código de máquina> del cerebro -i.e., impulsos nerviosos y eventos sinápticos. Esta versión de la hipótesis puede ser irrefutable en la asunción de que todos los fenómenos mentales finalmente dependen de acontecimientos físicos en el cerebro” (Johnson-Laird, 1996, pág. 91).

Por lo tanto, como se ve, la Teoría de los Modelos Mentales ha encontrado un sustrato biológico sobre el que apoyar los cimientos de la estructura cognitiva, de la mente y de su funcionamiento, un funcionamiento que explica, en síntesis, como sigue:

- La mente emplea diferentes niveles de organización.
- El proceso mental de cada nivel lleva el contexto en su explicación.
- El procedimiento seguido por cada uno de esos niveles no es autónomo sino que es interactivo.

Como se ha observado, Johnson-Laird define los modelos mentales como análogos estructurales del mundo, recurre a la analogía del ordenador para explicar el funcionamiento de la mente, equipara análogamente el sistema nervioso a una máquina, La analogía para el autor, por lo que se ve, juega un papel fundamental en el procesamiento de la información y por ello conviene aclarar cuál es el significado que le asigna; para ello, nuevamente recurrimos a su propio discurso.

“Las analogías son herramientas para el pensamiento y la explicación. La realización de que un dominio problemático (el blanco) es análogo a otro dominio más familiar (la fuente) puede capacitar a un pensador para alcanzar una mejor comprensión del dominio blanco transportando conocimiento del dominio fuente” (Johnson-Laird, 1989, pág. 313).

Así se expresa en un documento que trata la analogía y el ejercicio de la creatividad; se requiere un puente, un intermediario y por eso recurrimos a representaciones analógicas que nos permiten explicar y predecir, que facilitan la tarea de la aprehensión de significados. Pero no se trata de una tarea fácil, pues hemos de correlacionar, interpretar, recuperar contenidos que posibiliten todo ello y por eso también las analogías, su generación y su comportamiento deben ser explicados en términos psicológicos.

“Una teoría psicológica de las analogías debe, por tanto, considerar tres fenómenos principales: a) el descubrimiento o recuperación de analogías de varias clases desde lo profundo hasta lo superficial; b) el éxito o fracaso de las analogías en los procesos de pensamiento y aprendizaje; y c) la interpretación de las analogías que se han usado en las explicaciones” (ibid.).

Ya vimos que algunos trabajos de investigación en el área de la enseñanza y del aprendizaje de la Biología versaron sobre las analogías pero ninguno de ellos las planteó en términos de los procesos íntimos, psicológicos, que suponen su creación, su papel y la forma de operar con las mismas. Los modelos mentales construidos como hemos visto que se construyen, contemplados con el significado que Johnson-Laird les atribuye, son análogos estructurales del mundo, son representaciones analógicas que posibilitan la comprensión del mismo precisamente por eso, porque trabajan con elementos conocidos para entender otros que son nuevos.

Ahora que sabemos cómo se construyen los modelos mentales como análogos estructurales del mundo, que sabemos cuál es la base que los sustenta, “a priori”, cuanto menos, estamos en condiciones de entender los principios que Johnson-Laird le asigna a los mismos:

1.- *“Principio de la computabilidad: los modelos mentales y la maquinaria para construirlos e interpretarlos son computables”* (Johnson-Laird, 1983, pág. 398).

- 2.- *“Principio de lo finito: un modelo mental debe ser finito en tamaño y no puede representar directamente un dominio infinito” (ibid.).*
- 3.- *“Principio del constructivismo: un modelo mental es construido por elementos (tokens) dispuestos en una estructura particular para representar un estado de cosas” (ibid.).*
- 4.- *“Principio de economía en los modelos: una descripción de un estado simple de cosas se representa por un modelo mental simple, incluso si la descripción es incompleta o indeterminada” (op. cit., pág. 408).*
- 5.- *“Los modelos mentales pueden representar directamente indeterminaciones si y sólo si su uso no es computacionalmente intratable, i.e., no hay un crecimiento exponencial en complejidad” (op. cit., pág. 409).*
- 6.- *“Principio de predicabilidad: un predicado puede aplicarse a todos los términos a los que otro se aplica, pero no puede tener intersección en el alcance de la aplicación” (op. cit., pág. 411).*
- 7.- *“Principio del innatismo: todos los primitivos conceptuales son innatos” (ibid.).*
- 8.- *“Hay un conjunto finito de primitivos conceptuales que aumentan el correspondiente conjunto de campos semánticos, y hay un posterior conjunto finito de conceptos, u “operadores semánticos”, que se encuentran en cualquier campo semántico sirviendo para construir conceptos más complejos más allá de los primitivos subyacentes” (op. cit., pág. 413).*
- 9.- *“Principio de la identidad estructural: las estructuras de los modelos mentales son idénticas a las estructuras de los estados de cosas tanto percibidas como concebidas, que los modelos representan” (op. cit., pág. 419).*
- 10.- *“Principio de la formación de conjuntos: si un conjunto ha sido formado de conjuntos, entonces los miembros de esos conjuntos deben especificarse primero” (op. cit., pág. 429).*

Estos principios nos permiten entender el concepto “modelo mental” y tienen su razón de ser en el sustrato teórico que constituye el fondo de la teoría. A voz de pronto y leídos como una mera relación es evidente que asustan y abruman, pero su comprensión resulta clara si volvemos atrás y analizamos las consecuencias de los elementos-clave que parece manejar Johnson-Laird en sus tesis (carácter computacional, procedimientos efectivos, revisión recursiva, modelo mental), por una parte; y, por otra, si nos damos cuenta de que modelos mentales no es más que una consecuencia de todo ello. Estos principios constituyen la propia definición de lo que es un modelo mental en este marco teórico, así como la forma en la que actúa; también explicitan sus restricciones. Se recordará que se expresaba un doble nivel, muy sutil y discutible, por supuesto, de significación de procedimiento efectivo; está claro que no en términos de ejecución por parte de una máquina, pero sí en términos prácticos, podríamos decir que estos principios constituyen, en su conjunto, un procedimiento efectivo para identificar lo que

es un modelo mental y lo que no lo es, en esta teoría, en función de que los principios se atiendan o no.

Definido claramente, desde esta perspectiva, el concepto de modelo mental que da nombre a la teoría, conviene y procede pasar a su tipificación. Johnson-Laird (1983) hace una primera aproximación que, desde su punto de vista, no es más que tentativa diferenciando modelos físicos, que representan el mundo físico, y modelos conceptuales que representan entidades más abstractas. Dentro de los modelos físicos se distinguen:

- **Modelo relacional simple:** es un modelo en el que se representan tres conjuntos finitos: un primer conjunto de elementos de entidades físicas que también son finitas; un segundo conjunto de propiedades físicas de esas entidades, también finitas; y un tercer conjunto de relaciones entre los elementos que guardan relación con las interacciones físicas entre aquellas entidades. Representamos, en este modelo, tres conjuntos finitos que se corresponden con otros tres conjuntos, también finitos, de entidades que son reales, que están en el mundo.
- **Modelo espacial:** se establecen relaciones espaciales entre los elementos que constituyen los conjuntos del modelo anterior; por lo tanto, es un modelo más avanzado ya que el anterior sólo representa los conjuntos.
- **Modelo temporal:** no sólo se establecen relaciones espaciales entre elementos de aquellos tres conjuntos, sino que hay una interacción temporal entre ellos, en la medida en que no es solamente una representación estática, sino que tiene un antes y un después en función del tiempo.
- **Modelo cinemático:** es un modelo temporal psicológicamente continuo ya que representa cambios que dan cuenta de los cambios observados en el mundo, cambios que no se producen a saltos, bruscamente.
- **Modelo dinámico:** es un modelo que representa relaciones causales en el modelo anterior; un modelo como éste permite diferenciar causa/efecto a través de una combinación de más alto nivel -más estructurada jerárquicamente- de los elementos de los conjuntos definidos en el modelo relacional.
- **Imagen:** su fuente es la imaginación visual; representa elementos de aquellos conjuntos relacionados de una manera concreta, espacial, que responde a un punto de vista particular.

Como ha quedado de manifiesto, se observa un marcado carácter evolutivo en esta clasificación de los modelos físicos. Todos ellos operan con tres conjuntos, estableciendo operaciones distintas entre sus elementos que, progresivamente, dotan a los individuos que los posean de un mayor poder explicativo y predictivo de su mundo en la medida en que les permiten representarlo como análogos más o menos consistentes con el mismo. Esta tendencia debería tener un correlato en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, consistentemente con lo que se ha expuesto relativo a los procesos de procesamiento de la información. ¡Pero es un mundo físico!, se ha

categorizado la representación de entidades físicas; veamos cómo diferenciar los modelos conceptuales que, recuérdese, representan entidades abstractas de ese mundo.

- Modelo monádico: representa, también, tres conjuntos finitos: un primer conjunto de elementos que representan entidades individuales y propiedades; un segundo conjunto de dos relaciones binarias (identidad y no identidad) capaces de operar sobre cualquier par de elementos de conjuntos diferentes; y un tercer conjunto de elementos notacionales para representar la certeza de la relación establecida.
- Modelo relacional: introduce un número finito de relaciones, que pueden ser abstractas, en el modelo anterior, por lo que, a diferencia de aquél, permite representar más predicados y más complejos.
- Modelo meta-lingüístico: contiene elementos que se corresponden con expresiones lingüísticas y relaciones abstractas entre ellas y elementos en un modelo mental de algún tipo. Las expresiones lingüísticas permiten operar sobre elementos que son, incluso, de otros modelos.
- Modelo conjunto teórico: se representan en este caso elementos, también de un conjunto finito, que directamente representan conjuntos. Pueden también representar elementos provenientes de conjuntos finitos de propiedades abstractas.

También aquí se observa una evolución que en este caso es tendente a la representación de un mayor grado de abstracción. En ambos casos resulta fácil ver la aplicación de los principios asignados a los modelos mentales a esta tipificación, aunque quizás el ejemplo más claro sea el principio de lo finito. El propio Johnson-Laird en un trabajo más reciente que ya se ha comentado (1996), al hacer una revisión retrospectiva, revisa el concepto de imagen y reconoce el carácter provisional de su clasificación original que, en todo caso, como se ha dicho, no era más que una aproximación; ahora plantea como tipos: modelo tridimensional, modelo cinemático y modelo dinámico.

En todo caso y a pesar de ser originalmente tentativa,

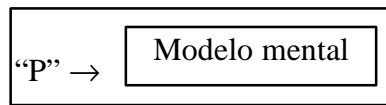
“la tipología ha revelado un carácter esencial de los modelos mentales: derivan de un conjunto relativamente pequeño de elementos y operaciones recursivas en esos elementos; su poder representacional depende del posterior conjunto de procedimientos para construirlos y evaluarlos. Las mayores restricciones de los modelos mentales derivan de la estructura percibida o concebida del mundo, de las relaciones conceptuales que gobiernan la ontología y de la necesidad de mantener un sistema libre de contradicciones” (Johnson-Laird, 1983, pág 429-430).

Construimos modelos mentales que son analógicos pero que no lo representan todo y parece desprenderse de la categorización presentada, fundamentalmente en los modelos conceptuales, que se relacionan hasta los propios modelos. Los modelos mentales son análogos estructurales del mundo, tal como lo percibimos o lo concebimos. Si lo percibimos, podemos entender que tenemos un núcleo central como modelo que nos va permitiendo construir modelos sucesivos cada vez más amplios.

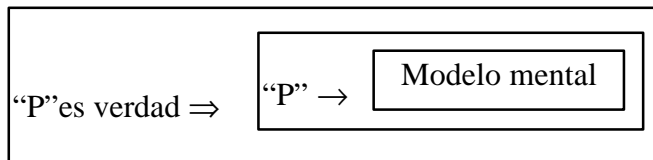
Podríamos “representar” esto del mismo modo que lo hace Johnson-Laird (op. cit., pág. 427):

Si P forma parte del mundo: “P”: Modelo mental

Si P es verdad:

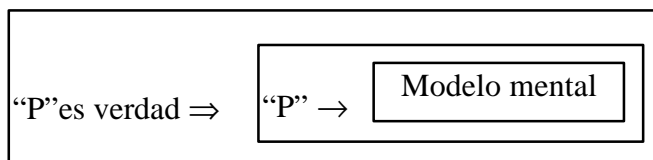


P es verdad significa que P corresponde al mundo:

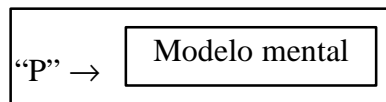


Como vemos, hay modelos dentro de modelos y esto es relevante. Hemos construido modelos dentro de modelos para representar un mundo percibido. Si queremos representar una información concebida a partir del discurso, y siguiendo el mismo esquema, resultaría lo siguiente:

P es verdad significa que P corresponde al mundo:



Si P es verdad:



Si P forma parte del mundo: “P”: Modelo mental

Es decir, representamos un gran modelo del mundo que progresivamente, a medida que se produce el discurso, incorpora nueva información que va entrelazando, relacionando, incardinando las sentencias, modelo global que nos permite, de este modo y en función de ello, interpretarla.

Si bien se pueden establecer estas diferencias en función de que el mundo sea percibido o concebido, diferencias que no se explicitan tan claramente en el discurso de Johnson-Laird, la verdad es que el resultado final es el mismo y eso es lo que resulta extraordinariamente importante y potente en términos de nuestra capacidad representacional y explicativa: ¡hay modelos dentro de modelos! Construimos modelos incardinados, incrustados, dentro de modelos, activamos unos modelos que están dentro de otros modelos y mantenemos opacos unos modelos que están dentro de otros. ¿Cómo hacemos esto? ¿Cómo y por qué activamos unos, incrustamos otros, ampliamos otros, los manejamos como si de un zoom se tratara? ¿Por qué podemos activar varias ventanas, en lenguaje informático, trabajar con varios programas y archivos al mismo tiempo, y mantener otros ocultos? ¿Cuál es el procedimiento efectivo que nos permite hacer esto? Los modelos mentales son funcionales, se construyen “en función de”, de manera que activarán todo aquello que dé las respuestas deseadas al individuo que los

construye para que respondan a aquello por lo que los construye. ¡Y el procedimiento efectivo que lo permite! \Rightarrow la revisión recursiva que, como se recordará, se define como un procedimiento efectivo, ¿pero efectivo para qué? Precisamente para realizar esa selección, esa “introspección” que permite activar los modelos necesarios y suficientes a ese individuo para interpretar ese mundo al que se enfrenta y sobre el que actúa. Esta revisión recursiva es lo que nos permite establecer diferencias entre los modelos físicos y los modelos conceptuales que Johnson-Laird expresa claramente de la siguiente manera:

“Los modelos conceptuales requieren la existencia de una maquinaria para su propia revisión recursiva” (op. cit., pág. 423).

“Los modelos conceptuales, no obstante, también requieren un número de nuevos rasgos. Un gran beneficio en su poder representacional deriva de la recursión que se manifiesta de diferentes maneras” (op. cit., pág. 426).

Las citas precedentes justifican con rotundidad la importancia de la revisión recursiva, una revisión recursiva que nos libera de contradicciones, hasta el extremo de constituir, para el autor, el criterio principal de clasificación, una clasificación tentativa y que, como hemos visto, ha variado, de los modelos mentales. La revisión recursiva es, probablemente, lo que da el mayor poder, la mayor potencialidad a los modelos mentales como procedimiento efectivo productivo ¡y muy eficaz! para representar análogos estructurales del mundo que es lo que en definitiva son esos modelos mentales. Y es de este modo, con esos modelos y con esa revisión recursiva como podemos explicar los procesos de razonamiento y de deducción e inferencia que la mente humana lleva a cabo y, consecuentemente, la adquisición de conocimiento.

“La teoría de modelos postula un mecanismo para hacer conocimiento progresivamente disponible. Los razonadores empiezan probando la formación de un modelo de la situación corriente y la recuperación de conocimiento relevante es más fácil si pueden formar un modelo simple que contenga todas las entidades relevantes. Una vez que han formado un modelo inicial, el conocimiento empieza a ser disponible para ellos de manera sistemática” (Johnson-Laird, 1994, pág. 202).

Johnson-Laird pretende de su teoría que sea también una teoría psicológica del razonamiento y de la deducción porque entiende que ni las reglas formales de inferencia ni las reglas de contenido específico dan cuenta de ello al no dar explicaciones completas de sus mecanismos psicológicos subyacentes, como ya se comentó. Las reglas formales de inferencia desvalorizan el contenido obviando, por ejemplo, el conocimiento general y las creencias, así como su papel fundamental en esos procesos de razonamiento; las reglas de contenido específico por sí solas tampoco satisfacen la capacidad humana de desarrollar deducciones válidas que suponen alguna competencia lógica. Los modelos mentales como representaciones constituyen también desde esta perspectiva una tercera vía, una solución que supera la controversia en la medida en que es una teoría algorítmica que aporta explicaciones centradas en la forma de desarrollarse la computación, o sea, en el cómo de la misma, que depende de procedimientos semánticos, es decir, de reglas lógicas como procedimiento que requieren y trabajan sobre y con un contenido específico. De este modo, disponemos de un constructo que nos permite explicar en términos psicológicos los procesos de razonamiento inherentes a la mente humana, su capacidad de establecer deducciones e inferencias puesto que *“deducir es mantener información semántica, simplificar y dar una nueva conclusión”*

(Johnson-Laird y Byrne, 1998, pág. 35), y eso se consigue a través de la construcción de modelos mentales; son éstos los que por medio de manipulaciones físicas y espaciales, manipulaciones conceptuales y pensamiento analógico como procesos nos dotan de aquellas capacidades deductivas y de razonamiento. ¿Y cómo se explica, entonces, todo ello? Usemos nuevamente referencias originales.

“De acuerdo con esta teoría, el proceso de deducción depende de tres estados de pensamiento (...). En el primer estado, comprensión, los razonadores usan su conocimiento del lenguaje y su conocimiento general para comprender las premisas; construyen un modelo interno del estado de asuntos que las premisas describen. Una deducción puede también depender de la percepción y, así, de un modelo del mundo perceptualmente basado. (...). En el segundo estado, los razonadores prueban la formulación de una descripción parsimoniosa de los modelos que han construido. Esta descripción afirmará algo que no está indicado explícitamente en las premisas. Donde no hay una conclusión, responden que no se sigue nada de las premisas. En el tercer estado, los razonadores buscan modelos alternativos de las premisas en los que su supuesta conclusión es falsa. Si no hay un modelo tal, entonces, la conclusión es válida. Si hay tal modelo, entonces, los razonadores prudentes volverán a la segunda fase probando describir si hay alguna conclusión verdadera en todos los modelos construidos” (op. cit., págs 48/49).

Como vemos, lo que se plantea, tal como ya se comentó, son procedimientos semánticos, o sea, determinados procesos lógicos de manipulación, pero en los que el contenido ejerce un papel crucial pues es lo que va a determinar la relevancia asignada por el sujeto y, por tanto, sus posibilidades de manejo sobre el mismo, ya que es ese contenido el que adquiere significado. La mente humana, así, lo que hace es construir algunos modelos que den cuenta de las tareas de razonamiento y deducción a las que tiene que hacerle frente, prueba con ellos haciéndolos trabajar, o sea, poniéndolos en acción y sólo opera con ese simple conjunto de posibles modelos mientras le sean suficientes y útiles; no construirá otros mientras no se vea forzada a tener en cuenta otras alternativas por insuficiencia de las anteriores o por consideración de nuevos elementos relevantes. De este modo, disponemos ahora de una explicación para las deducciones erróneas o inconsistentes como función del análisis de todos los modelos posibles de las premisas (Johnson-Laird y Byrne, 1998). Atendiendo a lo expuesto, ¿Tiene alguna ventaja explicar los procesos de razonamiento e inferencia por intermedio de los modelos mentales? Parece ser que sí si tenemos en cuenta, en primer lugar, que trabajar con modelos mentales supone y permite conjuntos de posibilidades, incluso de manera comprimida, y además pueden ser conjuntos dentro de conjuntos (¡modelos dentro de modelos!); de este modo, se justifica al mismo tiempo inducción, deducción y pensamiento probabilístico por estimación de posibles estados de asuntos. Y, en segundo lugar, se hacen predicciones basadas en la distinción entre información explícita e implícita y en las limitaciones de procesamiento de la memoria de trabajo (Johnson-Laird, 1994). Podemos explicar, pues, la estructura y el comportamiento de la mente humana, su complejidad, su versatilidad, ..., y no sólo el razonamiento y la deducción recurriendo a modelos mentales como sus elementos articuladores, podemos, en definitiva, o Johnson-Laird puede explicar cómo es y cómo funciona la mente, como hemos tenido ocasión de comprobar en las páginas precedentes, a través de la construcción y manipulación de los modelos mentales que dan cuenta de todos y cada uno de sus procesos y mecanismos característicos.

2.2.3.- ¿Es una teoría de la mente la Teoría de los Modelos Mentales?

Parece conveniente en este momento, una vez presentada la teoría, sus elementos fundamentales y la caracterización del constructo que le da nombre, hacer una “revisión recursiva”, una reconciliación integrativa en términos de Ausubel, y volver atrás para ver en qué medida la construcción teórica que Johnson-Laird propone da cuenta de los problemas que él quiere resolver y, por ende, de los criterios que asegura que tienen que contemplar las teorías científicas de la mente.

“La teoría de los modelos mentales se ha pensado para explicar los procesos superiores de la cognición y, en particular, la comprensión y la inferencia. Sugiere un inventario simple de tres partes para el contenido de la mente: hay procedimientos recursivos, representaciones proposicionales y modelos. Los procedimientos son indecibles. Llevan a cabo tareas como el mapeamiento de las representaciones proposicionales dentro de los modelos. También proyectan un modelo subyacente dentro de otras formas especiales de modelos -una visión bidimensional o imagen. Hay presumiblemente algunas otras formas de procedimiento que juegan una parte en el pensamiento. Prototipos y otros esquemas, por ejemplo, son procedimientos que especifican por defecto valores de ciertas variables en modelos mentales” (Johnson-Laird, 1983, pág. 446-447).

La cita precedente parece acertada para definir la teoría de Johnson-Laird ya que incorpora su pretensión y los elementos fundamentales de la misma de una forma muy sintética. Pero la teoría pretendía atender a qué es lo que se computa, a cómo se llevan a cabo esos cálculos, y a cuál es la neurofisiología subyacente, lo que traducíamos en tres subteorías para dar respuesta a estos problemas: una teoría general de lo que computa la mente, una teoría del programa que utiliza para llevar cabo los cálculos y una teoría de cómo se materializa el programa dentro del sistema nervioso. ¿Es difícil resumir eso en una sola frase! ¿Da respuesta este documento a las posibles respuestas del autor al respecto? A juzgar por lo expuesto, sí en la medida en que se muestra que la mente opera computacionalmente con proposiciones, modelos mentales e imágenes (primera teoría); que lo hace trabajando a distintos niveles a través de una organización funcional que también se ha explicado (segunda teoría); y que se sustenta físicamente en una estructura real cuyo conocimiento actual, cuanto menos, puede soportar un funcionamiento semejante (tercera teoría). En este contexto y desde esta perspectiva, hemos de concluir que Johnson-Laird llena de contenido explicativo los problemas que aborda y, consecuentemente, llena de contenido la Teoría de los Modelos Mentales. Justo es reconocer esto porque, si bien existe todo un cuerpo teórico, como acabamos de ver, que atiende a sus distintos niveles de alcance, y que se justifica con profusión de investigaciones y experiencias en los documentos originales del autor, lo que ha trascendido es, lógicamente, su premisa básica: *“La principal asunción de la teoría que yo estoy desarrollando es que la semántica del lenguaje mental traza el mapa de las representaciones proposicionales dentro de modelos mentales de mundos reales o imaginarios: las representaciones proposicionales se representan con respecto a modelos mentales”* (Johnson-Laird, 1985, pág. 90), y esto no es más que la punta de un iceberg, la superficie de todo un entramado teórico que justifica que esto sea así. Su pretensión era construir una teoría que no contuviera ingredientes mágicos y por eso y para eso ha procurado explicaciones para cerrar todas las puertas que él consideraba abiertas, para satisfacer todas las lagunas que había encontrado, para superar todos los

escollos con los que había tropezado; otra cosa es que se esté de acuerdo con esas explicaciones y argumentos, pero de lo que no cabe la menor duda es de que los aporta y lo hace en forma de un cuerpo teórico coherente y consistente. Pero Johnson-Laird, como se mostró al principio, atribuía a cuatro criterios la consideración de una teoría de la mente como una teoría científica. Veamos si su teoría los cumple.

- *“La teoría adopta inferencias tanto implícitas como explícitas. Las inferencias implícitas dependen de la construcción de un modelo mental simple; las inferencias explícitas dependen de la búsqueda de modelos alternativos que pueden falsificar conclusiones aceptadas”* (Johnson-Laird, 1983, pág. 144).

Este criterio se cumple ya que la teoría justifica el comportamiento de la mente en función de modelos mentales que son extraordinariamente versátiles, entre otras razones, por su posibilidad de revisión recursiva de cara a esas inferencias, sean del tipo que sean.

- *“La teoría resuelve la paradoja central de cómo los niños aprenden a razonar, a saber, cómo podrían adquirir reglas de inferencia antes de que fueran capaces de razonar válidamente. La paradoja se resuelve porque descansa en una falsa asunción: los niños no necesitan ni adquirir reglas de inferencia ni procesos innatamente en orden a hacer deducciones válidas. Es posible razonar válidamente sin lógica”* (op. cit., pág. 145).

Y es posible hacerlo porque se construyen modelos mentales para ello que, en la base, y articulados a partir de procesadores, poseen una serie de primitivos conceptuales que son innatos pero no todo el conocimiento innato; y lo que es evidente es que no esperan a desarrollar reglas de inferencia para razonar, que lo hacen antes porque los modelos que construyen se los permite. Por lo tanto, este criterio también se ve satisfecho.

- *“La teoría es enteramente compatible con el hecho de que los seres humanos son capaces de hacer deducciones válidas”* (ibid.).

Son capaces de hacerlo ya que pueden desarrollar, construir modelos dentro de modelos y aplicarles el procedimiento efectivo de la revisión recursiva que les da como resultado deducciones válidas; la teoría aporta una explicación razonable para satisfacer este criterio.

- *“Es también compatible con los orígenes de la lógica. Asume que las personas hacen inferencias sin recurrir a la lógica mental”* (ibid.).

Las personas hacen inferencias sin recurrir a la lógica mental porque la construcción de un modelo mental resulta más eficaz y éste es, quizás, su mayor poder; este modelo tiene componentes lógicos que permiten verificar modelos mentales, siendo, por lo tanto, compatible con los orígenes de la lógica. Este criterio también está presente en el marco de la teoría.

Johnson-Laird nos ha ofrecido un marco teórico de referencia que responde a lo que él entiende, como se ha dicho, que debe ser una teoría científica de la mente, una teoría adecuada explicativamente.

“Su objetivo es simplemente establecer la viabilidad de una teoría basada en el presupuesto de que los significados de las palabras son procedimientos de descomposición que relacionan los modelos mentales con el mundo y, en particular, en el uso de procedimientos léxicos que interactúan con procedimientos generales para construir, manipular y evaluar modelos mentales” (Johnson-Laird, 1987, pág. 202).

Esta pretensión de la teoría se ha alcanzado.

2.2.4.- Posibilidades y limitaciones de la Teoría de los Modelos Mentales.

El modelo mental construido sobre la teoría de Johnson-Laird, un modelo de su propio discurso, como todos los modelos entendidos en el seno de la misma, es un modelo funcional, dinámico, en evolución y en ese sentido, es un modelo que da cuenta de la teoría tal y como ha sido concebida y percibida por quien escribe estas líneas. Es un modelo en el que se establecen conexiones entre sus elementos, un modelo que activa otros modelos, que posibilita relaciones pero no todas las posibles; de hecho, han quedado abiertas muchas cuestiones y ha dejado explícitas muchas dudas que probablemente se resolverían si se establecieran más interacciones, si se construyeran más modelos, si se llevara a cabo una revisión recursiva de sus elementos teóricos. Pero hoy por hoy, en este momento, no se han incorporado del discurso del propio Johnson-Laird esos elementos teóricos, esos “tokens”, necesarios para hacerle frente a dichos problemas. Se concluía en el apartado anterior que la teoría reúne los requisitos necesarios para su consideración como tal (explica los “cómo” y los “por qué” del funcionamiento de la mente), es una teoría científica del razonamiento humano y es una teoría adecuada explicativamente; pero, también se ha dicho, es una teoría provocadora, incitante, discutible. Explicitar aquellas dudas y problemas y estos aspectos discutibles parece conveniente en aras de comunicar y compartir los significados que las reflexiones al respecto generen; su discusión en este nivel y en este contexto reforzaría su validez como teoría. En todo caso, como el autor afirma, una práctica semejante, un “procedimiento efectivo” como éste, a buen seguro generará aprendizaje, un aprendizaje que la propia teoría postula, defiende, argumenta y explica.

¿Cuáles son los elementos más controvertidos y conflictivos de la Teoría de los Modelos Mentales? No se pretende hacer un catálogo o inventario exhaustivo de todo aquello que suponga un problema en el ámbito de la teoría que, desde el punto de vista formal, es coherente y completa; lo que sigue no es más que un conjunto de reflexiones sobre aspectos que “a priori” podrían generar los mayores rechazos y ser el centro de las más numerosas críticas, aspectos que de manera subyacente, en algún modelo oculto, probablemente, constituyan, también, escollos y reflexiones personales con respecto a la teoría.

Obligado es comenzar por la consideración de una mente computacional. Reducir el funcionamiento de la mente a un lenguaje de códigos binarios para muchos es una aberración que supone un rechazo tajante a la teoría; no en vano, éste es el primer concepto-clave que se ha considerado. Ya hemos visto que una mente computacional no amenaza nada, como Johnson-Laird argumenta, pero la crítica está servida.

Y unida a la anterior, hay otra discrepancia que abanderan muchos psicólogos y pedagogos relacionada con la metáfora del ordenador, metáfora que, según ellos, está

trasnochada. La teoría, como todas las teorías, es una aproximación para comprender el funcionamiento de aquello que nos permite comprender; no se discute que somos bastante más que un ordenador, lo mismo que nuestra mente es, también, bastante más que cualquier teoría que intente o que pretenda explicarla, pero ahí hay otra polémica servida.

El innatismo es otro elemento controvertido. Es cierto que no se plantea un innatismo radical, pero es cierto también que hacer descansar determinadas explicaciones sobre su base puede parecer una forma de eludir la responsabilidad de otras explicaciones o su ausencia. Johnson-Laird argumenta el sentido y el origen de los primitivos conceptuales y justifica su consideración de los mismos como innatos de manera convincente. ¿Pero satisface a todos esta explicación? Habría que oír y ver las teorías de la mente adecuadas explicativamente que proponen aquéllos a quienes estos argumentos no les satisfacen. La discusión podría ser interesante.

La tipificación de los modelos mentales, si bien se propone como tentativa, es otro de los asuntos discutibles. No parece clara ni fácilmente aplicable, incluso, no parece aplicable de la misma manera en diferentes campos del conocimiento y disciplinas. Más inmediato parece solventarse el problema de considerar a los modelos conceptuales como “supramodelos” pues relacionarían modelos, si atendemos al hecho de que operamos con modelos dentro de modelos por revisión recursiva; pero la distinción entre modelos físicos y conceptuales, así como los distintos tipos en cada uno de ellos, parece que debe explicitarse y trabajarse más. Sería esto, por lo tanto, más una sugerencia que una diferencia de criterio y, de hecho, el mismo Johnson-Laird continúa su trabajo, entre otras, también en esta línea a la luz de la revisión que ha hecho de su teoría.

Hay también una cuestión metodológica sujeta a crítica; el propio autor reflexiona al respecto cuando analiza las vías o las formas de llevar a cabo la experimentación. Y efectivamente hablaba de procedimiento efectivo en un doble sentido. La teoría tendrá que disponer de un mecanismo propio para validar su conocimiento, para contrastarlo; se combinan procedimientos provenientes de múltiples campos y, fundamentalmente, se apoyan en “experiencias de laboratorio” y en programas de ordenador. Desde esta perspectiva, ¿a qué es aplicable la Teoría de los Modelos Mentales? ¿a quiénes es aplicable? ¿sostiene su aplicación a entornos naturales de aula, a personas en condiciones naturales, en mundos naturales? Johnson-Laird no responde a estas cuestiones. ¿Y con qué protocolos es aplicable la teoría para su investigación, para su contrastación? ¿qué pautas metodológicas requiere? La definición de una metodología de investigación consistente con la teoría parece ser, también, un asunto pendiente, como ya hemos visto y comentado en la primera parte de este capítulo.

Y al hilo de lo anterior, surge el último de los contrapuntos: ¿cuál es la evidencia empírica que tiene la teoría? Difícil es de aceptar la crítica de que Johnson-Laird no justifica sus argumentos y no los ejemplifica; la profusión de referencias en sus documentos es importante. Pero se trata, en muchos casos, de resultados y de ejemplos que provienen de estrategias de investigación psicologistas propias, para muchos, de otro tiempo y de otros referentes teóricos. No son pocos los que consideran que la teoría como tal es potente, es una teoría de la mente adecuada explicativamente, pero que debe ser contrastada, como antes se expresaba, al comentar los aspectos metodológicos, en aras de validar el sustrato teórico que la constituye. Y en este sentido, lógicamente, se

demanda investigación, validación empírica en el seno de la teoría, una investigación que, como ha quedado de manifiesto en la revisión bibliográfica ya mostrada, ha tardado mucho en usar este marco teórico como referencia. Es curioso, en todo caso, que “Cuando Craik (1943) argumentó que las personas razonan por desarrollo de experimentos de pensamiento en modelos internos, la idea pareció peligrosamente heterodoxa. Ahora el rango de fenómenos en los que se usa modelos mentales para explicar es rápidamente creciente”. (Johnson-Laird, 1989, pág. 491).

¿Pero qué ha supuesto, entonces, la Teoría de los Modelos Mentales? ¿Qué ha hecho Johnson-Laird al plantearla? Ha supuesto un enorme esfuerzo de síntesis, de integración de campos muy distintos del conocimiento que han dado consistencia a la ciencia cognitiva, ciencia con la que el autor explicita su compromiso personal; los modelos mentales son heurísticos y la teoría que los define también en el sentido de que ofrece una forma de abordar la producción de conocimiento en nuestras mentes y la producción de conocimiento sobre la mente. Desde esta perspectiva, ha supuesto la superación de polémicas y de teorías anteriores, léase imagistas/proposicionalistas, leyes de la lógica formal, reglas de postulados de significados, leyes de inferencia, etc, etc. Fundamentalmente y por encima de todo, la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird supone una teoría de la mente, como ya se ha expresado, adecuada explicativamente. El por qué de esta afirmación se muestra en la figura nº 1 que refleja la V epistemológica, ¡un instrumento heurístico! confeccionada para plasmar de alguna manera ¡en imagen! el modelo mental construido al efecto y que, como tal imagen, nos puede dar una vista del mismo susceptible de evaluación; la figura nº 2 muestra un mapa conceptual elaborado al hilo de los conceptos fundamentales de dicha teoría.

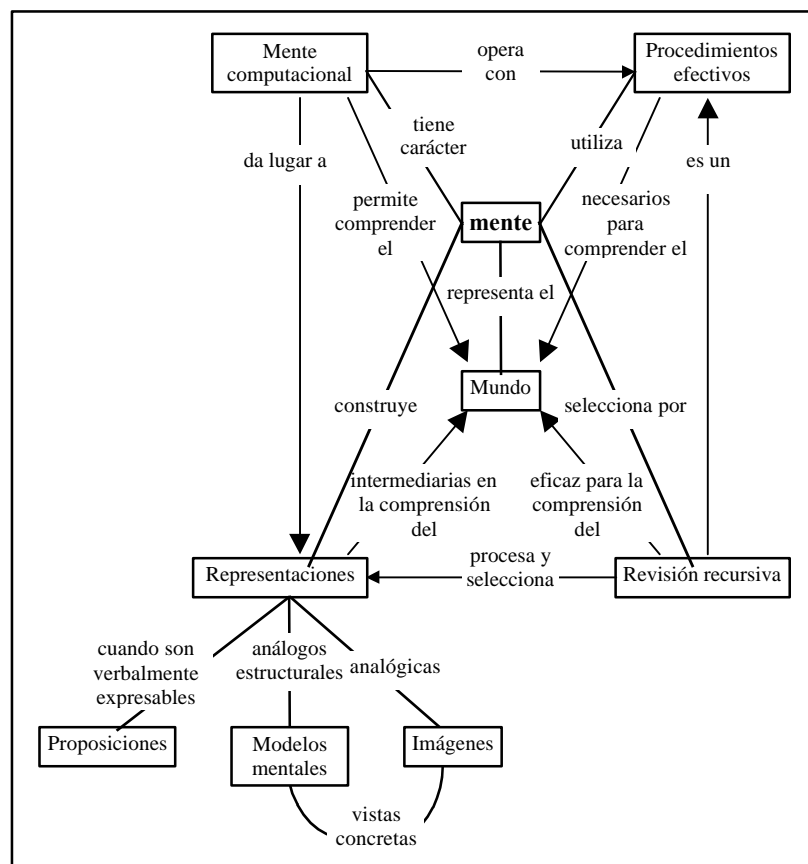


Fig. nº 2: Mapa conceptual relativo a la Teoría de los Modelos mentales de Johnson-Laird (MLRP, 1997).

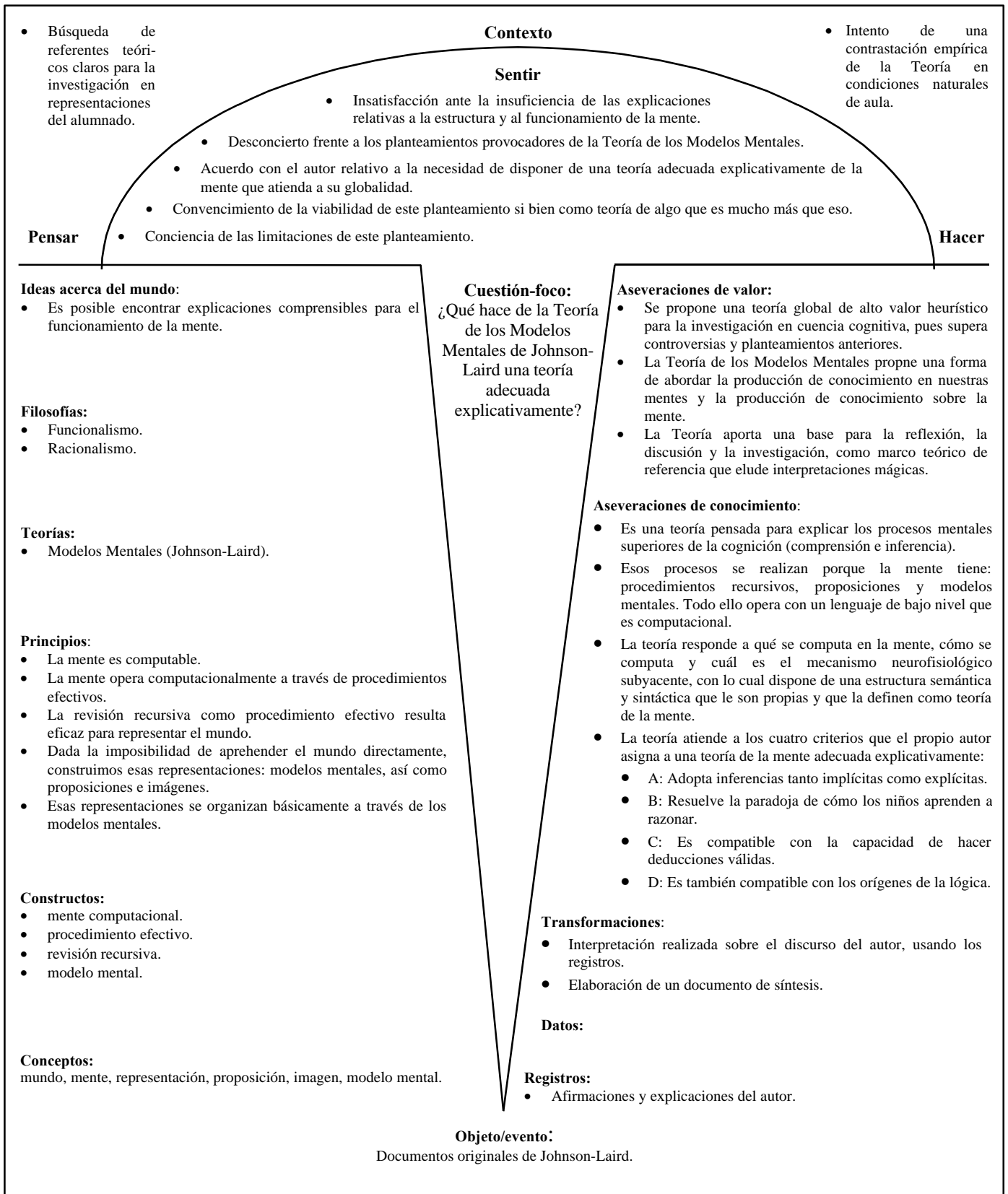


Fig. nº 1: V epistemológica elaborada en torno a las aportaciones de la Teoría de los Modelos mentales de Johnson-Laird. (MLRP, 1997).

La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird es una teoría de la mente adecuada explicativamente porque atiende tanto a la forma de la representación (proposiciones, modelos mentales e imágenes) como a los procedimientos que permiten construirla y manipularla: mente computacional, procedimientos efectivos, revisión

recursiva y modelos mentales y todo ello construido sobre la base de un lenguaje mental propio, que da cuenta tanto de la forma de esa representación como de los procesos que con ella se producen, representación que trabaja sobre un contenido al que de este modo se dota de significado.

“Nuestro interés no es con el “qué” sino con el “cómo” -no con el contenido sino con el formato de las representaciones. Un formato distinto implica una forma distinta de procesamiento, así como en un programa de ordenador, una clase distinta de estructura de datos reclama una clase diferente de procedimiento. En efecto, como Anderson (1978) argumentó, la teoría de las representaciones mentales necesita especificar tanto la forma de la representación como la naturaleza de los procedimientos que la construyen y la manipulan” (Johnson-Laird, 1996, pág. 91).

A juzgar por lo expuesto, parece probado que efectivamente el autor da esas explicaciones sobre la forma y sobre los procedimientos, contemplando además el papel fundamental que tiene el contenido en ello, en última instancia, sobre la manera de trabajar de la mente humana.

Para terminar este documento ¿Qué es lo que aporta Johnson-Laird? Aporta una teoría, aporta una base para la reflexión y para la discusión en el ámbito de la psicología cognitiva, aporta un cuerpo teórico coherente y consistente con la misma que hace gala de una estructura semántica y de una estructura sintáctica que les son propias y características y aporta, sobre todo, un marco teórico de referencia para la investigación, para la interpretación no mágica, dentro de lo que cabe porque la mente es magia, de lo que son las producciones mentales, de lo que esta tesis pretende ser un humilde exponente, que permita generar conocimiento acerca de los procesos mentales que los seres humanos ponemos en juego para comprender el mundo en el que nos movemos, nuestro propio mundo, nuestra propia magia, nuestra propia mente.

3.- MODELOS MENTALES DE LA ESTRUCTURA Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CÉLULA.

Una vez llevada a cabo una revisión de lo que la investigación educativa nos aporta, para ver cuál ha sido el tratamiento seguido en el contenido que nos ocupa y cuáles sus pautas de indagación, y una vez explicitada, también, la orientación teórica por la que se ha optado, orientación que se considera suficientemente justificada, corresponde ahora presentar lo que constituye el verdadero objeto de la presente investigación. En términos de Novak (1977), se ha expuesto cómo se siente con respecto al tema objeto de estudio (insatisfacción ante el tratamiento tenido hasta el momento y esperanza en las posibilidades de un nuevo enfoque) y cómo se piensa en el terreno teórico (es decir, principios y teorías que “a priori” justifican explicaciones más convincentes, fructíferas y útiles de cara a la enseñanza y al aprendizaje); nos falta ahora el tercer elemento esencial, es decir, qué se hace para comprobar si esa vertiente teórica da resultados satisfactorios relativos a las representaciones que el alumnado genera. Los propósitos de esta investigación son exploratorios e identificadores en relación con el tema objeto de estudio ya que se trata de una aproximación tendente a buscar explicaciones sobre la forma de interpretar y comprender la célula que tienen nuestros estudiantes desde una óptica particular, que emana del ámbito de conocimiento de la cognición. En este espacio corresponde exponer qué es lo que se ha hecho para alcanzarlos o, cuanto menos, intentarlo y si realmente se han conseguido o no. El presente capítulo, pues, tiene por objeto la presentación de los aspectos metodológicos de la investigación llevada al efecto y para ello se articula en torno a un primer espacio dedicado a la definición del problema; un segundo apartado centrado en la fundamentación de la opción metodológica seguida en la misma; un tercer punto dedicado a la planificación y, por último, la exposición de los hallazgos que esta investigación ha aportado como producto, consecuencia de la integración constructiva del pensar, sentir y hacer que subyace a todo proceso de producción de conocimiento, un conocimiento, un conjunto de aportaciones, que se espera demostrar que esta tesis también ha generado.

3.1.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS.

Habiéndose delimitado anteriormente lo que aporta la investigación educativa, en términos generales, al conocimiento de las representaciones del alumnado relativas a la estructura y al funcionamiento de la célula, y justificada la necesidad de un estudio más profundo del tema, corresponde ahora definir con la mayor precisión posible cuál es el objeto de la presente investigación. Ya de lo expuesto se deriva la opción teórica, el marco conceptual de referencia, que orienta y guía dicha investigación que, como se ha expresado, viene definido por la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird. En este contexto, el problema fundamental al que nos enfrentamos es:

- ¿Cuáles son los modos de representación que genera el alumnado relativos al contenido de la estructura y del funcionamiento de la célula que trabaja en el aula? ¿De qué manera procesa mentalmente ese contenido?

Se trata, como se ve, de cuestiones genéricas cuya respuesta no se puede abordar directamente ya que supone un terreno escurridizo relativo a la mente, cuyo funcionamiento se desconoce y es precisamente eso lo que se pretende explorar y sobre lo que se intenta inferir. Por ello resulta necesario plantear una concreción más inmediata:

- ¿Qué modelos mentales generan los estudiantes de COU cuando aprenden la célula?

Cuestión que entronca directamente con la fundamentación teórica seleccionada para dar respuesta al problema planteado, justificando, por lo tanto, su elección como tal, y que delimita, en consonancia con ello, la forma de abordarla, su tratamiento, en definitiva.

Dar cuenta ello y procurar respuestas supone un conjunto de acciones y una serie de pasos y, consecuentemente, la delimitación de las metas que se quieren alcanzar; de lo expuesto, por lo tanto, se derivan como objetivos de la presente investigación los siguientes:

- Explorar el alcance y grado de aplicación de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird en los procesos de aprendizaje de estudiantes de COU relativos a la célula.
- Identificar y tipificar los modelos mentales de célula definidos desde esta perspectiva en dichos estudiantes a partir de la interpretación de sus producciones y verbalizaciones.
- Delimitar los grados de evolución o cambio de las representaciones construidas por estos jóvenes a lo largo de un curso escolar completo.
- Elaborar un esquema global de análisis de esas producciones y verbalizaciones para representar la estructura y el funcionamiento celular.

Con este bagaje se planifica y articula la investigación desarrollada y es, pues, este punto de partida, estos propósitos exploratorios los que conducen a y derivan en la posición metodológica por la que se ha optado, que se presenta en el siguiente apartado.

3.2.- UNA OPCIÓN METODOLÓGICA: ESTUDIO DE CASOS.

“Modelos mentales” como marco teórico no es la panacea, no lo resuelve todo, no da respuestas a todo, lo que se demuestra con las muchísimas dificultades que entraña su investigación, como ha quedado de manifiesto en el capítulo anterior. Estamos ante algo que pueda justificar el comportamiento cognitivo de los individuos; intentamos averiguar qué es lo que ocurre dentro de los mismos y, por lo tanto, nos movemos en el terreno psicológico de la cognición, lo que significa que lo que podemos hacer es establecer modelos, hacer inferencias que nos permitan explicar y predecir cómo explican y predicen los sujetos con los que trabajamos. (Usamos “explicaciones y predicciones” desde la perspectiva del propio Johnson-Laird que, como se recordará, plantea que la comprensión requiere la construcción de un modelo mental y que es esto lo que dota a las personas de capacidad predictiva y explicativa). Y es para eso para lo que hace falta contrastar y analizar el mayor número de registros posible que dé garantías y asigne validez a las afirmaciones que al respecto se hagan. Ya se han

plasmado con anterioridad algunas recomendaciones que Norman (1983) ha expresado; conviene que rescatemos lo que refiere a la metodología de indagación de modelos mentales.

"Como científicos que estamos interesados en el estudio de los modelos mentales de las personas, debemos desarrollar métodos experimentales apropiados y descartar nuestra esperanza de encontrar pulcros, elegantes modelos mentales, sino en lugar de eso aprender a comprender los desordenados, enlodados, incompletos y estructuras indistintas que las personas actualmente tienen". (Norman, 1983, en Gentner y Stevens, 1983, pág. 14).

Esas representaciones que las personas tienen en su mente son, efectivamente, complejas. Son sus estructuras explicativas, son sus teorías que se construyen de modo semejante a como se ha construido el conocimiento científico a lo largo de la historia: a través de aportaciones, de revisiones, de incorporaciones que no siempre dan cuerpos teóricos elegantes y precisos sino que, por el contrario, muchas veces están llenos de ambigüedades y contradicciones. No podemos pretender y esperar que vayamos a detectar con claridad y con precisión esos modos que permiten a las personas razonar e interactuar con la realidad, sus modelos mentales. No podemos o no debemos considerarlos con la simpleza y carácter meramente descriptivo con el que hemos tratado hasta ahora las representaciones porque ya hemos visto que no es algo tan simple. Y una entidad que no es tan simple, que tiene una carta de naturaleza tan compleja, no puede ser investigada con protocolos y con instrumentos simples. Habrá que buscar "procedimientos efectivos" que nos permitan "revisar recursivamente" los "modelos mentales" de los sujetos con los que trabajemos. Y quizás en este extremo sea aceptable una crítica que ya se expresó a la teoría que Johnson-Laird propone: mecanismos que garanticen su validación empírica; de hecho, el núcleo duro de la misma data, como vemos, de 1983 y hoy por hoy son pocas las referencias bibliográficas que remitan a este cuerpo de conocimiento como su fundamentación teórica. Probablemente la razón de ello sea la dificultad que entraña la investigación de modelos mentales como formas de representación y, fundamentalmente, como decía Norman, su interpretación. *"Los modelos mentales están en las cabezas de las personas y la única manera de investigarlos es indirectamente, a través de aquello que externalizan verbalmente, simbólicamente o pictóricamente"*. (Moreira, 1997, pág. 35). Se trata de un ejercicio de introspección, de un proceso de establecimiento de deducciones y de inferencias sobre los posibles modos de representación que tienen nuestros sujetos de investigación, sus modelos mentales, a través de lo que hacen y/o dicen, es decir, a través de lo que han conceptualizado al respecto o en función de la información que han recibido o de la que disponen, en definitiva, a través de los "modelos conceptuales" -en términos de Norman (1983): inventados por profesores, investigadores, ... para facilitar su comprensión o su enseñanza- que explicitan en función de cómo han percibido y/o concebido dicha información, de cómo la han procesado.

Teniendo en cuenta que lo que buscamos es construir modelos interpretativos de las representaciones que los jóvenes han construido, en función del proceso mental que han llevado a cabo al hilo de la información trabajada, del discurso recibido, lo que estamos haciendo es elaborar, construir, inferencias y deducciones basadas en los registros obtenidos, en los datos disponibles. ¿Y cuáles son éstos? No parece fiable, a juzgar por la bibliografía consultada al respecto, utilizar una única fuente de recogida de información sobre esos modos de operar de nuestros sujetos de investigación, no parece

que haya dado resultado considerar esas representaciones de manera simple y simplista, como ya se ha comentado, y pretender que con un cuestionario, una entrevista, un dibujo, una acción puntual, en definitiva, es suficiente para conocer esos modos, esas representaciones mentales que todos ponemos en juego frente a un problema, a una nueva situación, a una nueva información, a un mundo nuevo para el individuo y para el que construimos, según Johnson-Laird, un análogo que nos permita entenderlo, comprenderlo, y eso, claro está, en el mejor de los casos, si no es que nos quedamos en un mero terreno proposicional que no nos facilita esa comprensión.

Desde esta perspectiva y no siendo ajenos a las dificultades que ello entraña, se considera idóneo comparar y analizar las producciones y verbalizaciones que se han recogido del alumnado seleccionado a lo largo de un curso escolar completo en condiciones naturales de aula, es decir, las habituales (asignación administrativa de alumnos según sus asignaturas optativas, clases ordinarias en periodo, contenido, tratamiento, etc, o sea, lo que es el trabajo diario de una asignatura concreta, con unos alumnos standard y en un centro de condiciones normales) y en el contexto de una asignatura cursada dentro de la enseñanza reglada, como forma de acercarse de manera más eficaz, más fiable, a esas representaciones ambiguas, confusas, poco claras y elegantes con un protocolo también poco preciso, en ese sentido, pero capaz de dar una posible salida a los intentos de explicación de lo que ocurre en el aula con este contenido a través de una validación empírica que no responda a condiciones de laboratorio y que se reclama para la teoría que nos ocupa.

"Un aspecto particularmente difícil de la interpretación de informaciones es la comparación horizontal de los datos producidos por un mismo sujeto, comparación que es necesaria para evaluar la amplitud, la articulación y la densidad de las representaciones estudiadas. No es fácil comparar productos tan diferentes (diálogos, fichas, dibujos, construcciones) encontrándose categorías, criterios comunes, que permitan comprender las estructuras mentales que las han producido". (Caravitas y Tonucci, 1988, pág. 129).

Como muy bien apuntan estos autores, las dificultades son evidentes y quedarán de manifiesto en las próximas páginas, pero se ha mostrado como algo necesario un planteamiento como el expuesto si lo que queremos es establecer deducciones e inferencias acerca de cómo establecen deducciones e inferencias nuestros alumnos, si lo que estamos haciendo es construir un análogo estructural de cómo construyen nuestros alumnos análogos estructurales de la información, del discurso que trabajamos con ellos, si estamos construyendo un modelo mental de los modos de operar mentalmente que tienen esos jóvenes, de sus modelos mentales del mundo que nosotros, la escuela, les ofrecemos. Parece "a priori" aceptable que la fiabilidad y la validez de las afirmaciones que hagamos al respecto será mayor si, a pesar de las dificultades expuestas, somos capaces de establecer esas categorías de análisis que nos permitan contrastar registros, instrumentos, producciones distintas que actúan sobre un mismo contenido para ver cómo se ha representado.

Se está proponiendo, por lo tanto, como un protocolo posible de indagación de modelos mentales un estudio profundo, interpretativo, sistemático, un examen de un caso en acción, una forma concreta de recoger, organizar y analizar la información, los datos de los que se dispone, un examen completo e intenso de un conjunto de acontecimientos que ocurren en un espacio dado y en un tiempo dado; y eso es un

estudio de casos (Rodríguez Gómez y col., 1996). El estudio de casos es una forma de investigación cualitativa que se orienta en función de un razonamiento inductivo según el cual se llega a explicaciones y a hipótesis a partir del análisis del material, no siendo necesario, por lo tanto, definir dichas hipótesis "a priori", como tampoco las categorías que, desde esta perspectiva, resultan del propio análisis "a posteriori". En este sentido y en el momento actual de la investigación sobre modelos mentales podría ser idóneo optar por esta vía o manera de indagación como forma de determinar si efectivamente se construyen esos modelos mentales, con el significado y características asignadas a los mismos por Johnson-Laird, en los estudiantes con los que se ha trabajado. Estudio de casos es un procedimiento de indagación, es un conjunto de acciones encaminadas a hacer manejable e interpretable la información, pero esa interpretación se ajusta a un marco teórico de referencia que ya hemos explicitado.

"El estudio de caso "cualitativo" o "naturalístico" encierra un gran potencial para conocer y comprender mejor los problemas de la escuela. Al retratar el cotidiano escolar en toda su riqueza, ese tipo de investigación ofrece elementos preciosos para una mejor comprensión del papel de la escuela y sus relaciones con otras instituciones de la sociedad". (Lüdke y André, 1988, pág. 23/24).

El estudio de casos, pues, posibilita la investigación en la medida en que es un procedimiento de una gran riqueza, como las autoras comentan, una riqueza que también caracteriza la construcción de los modelos mentales y, por ello, resulta apropiado abordar éstos últimos desde esa perspectiva porque nos muestra lo cotidiano, lo habitual para los estudiantes, la forma en que se enfrentan a esos mundos que la escuela ofrece para que ellos los representen. Se ha optado, pues, por un estudio de casos múltiple. Lo que se pretende es comprender los modos de representación y de interpretación de nuestro alumnado y, consecuentemente, nos movemos desde el punto de vista epistemológico en un paradigma interpretativo. Esto es así porque no nos resulta suficiente explicar cuáles son esas representaciones, hacer un catálogo de las mismas, que es lo que, como se ha expuesto en el capítulo primero, se ha encontrado hasta ahora (usando generalmente un único o a lo sumo dos instrumentos); no nos satisface movernos en el terreno, en el paradigma positivista. Y, lógicamente, comprender esos modos de representación constituye una fase imprescindible, una información vital si lo que se quiere es que nuestros estudiantes transformen sus modos de representación, sus modelos mentales, frente a la realidad, al contenido que la escuela les ofrece; esto es posible si y sólo si alumnos y docentes comprenden, comparten y consensúan los modelos de los que parten, los que surgen de la evolución con el aprendizaje y a los que se llega que, consecuentemente, deben acercarse a los científicos y contextualmente aceptados como tales. Por eso es por lo que es tan importante conocer y comprender esas representaciones para que se pueda planificar el trabajo posterior con las mismas de cara a su modificación y a su enriquecimiento a través de y con el contenido escolar y por eso es por lo que tendremos que recurrir a otros métodos, a otras técnicas más explicativas y más predictivas, a la investigación cualitativa porque:

"Los investigadores cualitativos estudian la realidad en su contexto natural, tal y como sucede, intentando sacar sentido de, o interpretar, los fenómenos de acuerdo con los significados que tienen para las personas implicadas. La investigación cualitativa implica la utilización y recogida de una gran variedad de materiales -entrevista, experiencia personal, historia de vida,

observaciones, textos históricos, imágenes, sonidos- que describen la rutina y las situaciones problemáticas y los significados en la vida de las personas” (Rodríguez Gómez y col., pág. 32).

Por eso es por lo que se ha optado por esta posición epistemológica y metodológica y, concretamente, por estudio de casos porque nos mueve el interés y sentimos curiosidad por unos determinados procedimientos, unos determinados procesos en las mentes de los estudiantes, un deseo de comprenderlos y de explicarlos en sí mismos, un estudio intrínseco de casos (Stake, 1998) para sacar, después, las consecuencias pertinentes y mejorar con ello los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Digamos que de este modo y hasta el momento lo que hemos hecho es delimitar a grandes rasgos el dominio conceptual y el dominio metodológico del conocimiento que se pretende producir, las dos vertientes de la V de Gowin (1984) (instrumento heurístico) que se ponen en juego en el problema al que la presente investigación intenta dar respuesta; veamos, pues, si el procedimiento planificado y seguido para ello desde esta opción metodológica logra dar cuenta de ello.

3.3.- PLAN DE LA INVESTIGACIÓN.

Explicitadas las opciones teóricas y metodológicas que guían este trabajo en las páginas precedentes corresponde ahora describir la experiencia seguida, relatar lo que ha ocurrido, así como la forma de interpretar la información recogida con objeto de aportar todos aquellos elementos que permitan comprender y compartir -ya que se trata de investigación educativa cualitativa- lo que de la misma se ha derivado y concluido; son elementos contextuales necesarios que se requieren para entender lo que ha ocurrido en la investigación, que nos llevan a abordar las características generales del Centro, el contexto curricular y pedagógico, los sujetos de investigación, las fuentes de recogida de información utilizadas para obtener los datos correspondientes y, por último, el procedimiento seguido para obtenerlos y para analizarlos, siendo éste el orden o secuencia que se seguirá en su presentación.

3.3.1.- Contexto.

El contexto en el que se ha llevado a cabo la investigación se corresponde con las condiciones naturales de aula en la asignatura de Biología de COU (Curso de Orientación Universitaria), como ya se ha comentado, cuyos estudiantes tienen por término medio 17/18 años, durante el curso escolar 1996/97 en el I.E.S. Dr. Antonio González y González, de la localidad de Tejina (La Laguna), centro situado en la zona norte de la isla de Tenerife.

La profesora titular de la asignatura ha actuado como investigadora, recopilando los datos correspondientes a partir de la propia práctica profesional a lo largo del curso escolar; su análisis e interpretación se ha llevado a cabo en fecha posterior a la finalización del mismo.

La información relativa al contexto en el que se ha desarrollado la experiencia de indagación requiere abordar brevemente las características del centro escolar y de la

zona de manera específica, así como el currículum tratado en dicha asignatura, por una parte, y la manera de trabajarlo, por otra, lo que constituye los subapartados siguientes dentro de este epígrafe.

3.3.1.1.- Contexto del Centro escolar y del entorno.

El centro en el que se ha desarrollado la experiencia es un centro comarcal que recoge alumnado procedente de la propia localidad, de Bajamar, Punta del Hidalgo, Valle de Guerra (Municipio de La Laguna) y Tegueste (Municipio propio). Como se ve, es una amplia zona que se caracteriza porque presenta problemas de comunicación, lo que hace difícil que estudiantes de distintas localidades puedan reunirse en horario extraescolar, como a veces el trabajo y las tareas escolares demandan.

Una de las características fundamentales de esta comarca es la irregularidad tanto en el nivel socioeconómico como en el cultural. Ello se debe a que, por un lado, una parte del alumnado proviene de familias económicamente solventes que habitan en las urbanizaciones de la zona; y, por otro, de familias cuyo nivel es medio-bajo y bajo, dedicadas prioritariamente a la agricultura o a trabajos eventuales; éstos se relacionan con el sector turismo de la comarca. Consecuentemente, son éstas últimas, familias que manifiestan un nivel cultural bajo e inestabilidad económica, lo que ejerce una influencia negativa en el aprendizaje de los estudiantes. También se observan problemas serios de drogodependencias. Este alumnado depende casi por completo del Centro para acceder a fuentes culturales ya que, como se comentó anteriormente, son difíciles las comunicaciones, lo que plantea dificultades de interacción entre estudiantes de mayores y de menores niveles y posibilidades. No se da en la zona una oferta cultural mínimamente aceptable, destacando, eso sí, un inusual interés por la música con un elevado número de jóvenes matriculados oficialmente en estudios relativos a la misma. Estas características son similares a las de otros centros de consideración urbano-rural de la isla.

A través de la A.P.A. (Asociación de Padres de Alumnos) y por encargo suyo se desarrolló en 1994 un análisis general de las características del alumnado del Centro que da cuenta de las mayores dificultades y problemas que tienen estos estudiantes frente al aprendizaje y que sigue siendo vigente para los jóvenes que han cursado sus estudios en el Centro en los años posteriores, incluido el que ocupa la presente investigación; por ello, del mismo se reproducen esos problemas detectados a través de diferentes instrumentos por su carácter informativo general, si bien no son específicos del grupo de estudiantes considerados en la misma.

- Tendencia al estudio de forma pasiva, desorganizada y memorística.
- Lectura lenta o bien precipitada, aburrida y, por tanto, poco comprensiva.
- No se consultan otros libros que los de texto ni se contrastan opiniones.
- Dificultad para captar las ideas fundamentales de un texto y, por tanto, desentrañar su contenido.
- Falta de verdadera motivación e interés por los estudios.
- Escaso nivel de participación significativa en el aula.
- Poca o nula concentración.

- Lagunas de contenidos en conocimientos básicos.
- Carencia de un método personal de estudio y de una adecuada planificación realista del trabajo.
- Poco tiempo de dedicación al estudio.
- Desconocimiento o deficiente aplicación en la práctica de técnicas como el subrayado, el esquema, la toma de apuntes, los resúmenes y los cuadros sinópticos.
- Desconocimiento de las condiciones físicas que influyen en el estudio.
- Falta de estructura, presentación y estrategias de elaboración para los trabajos exigidos.

En consonancia con lo expuesto, las dificultades propias del Centro y de la zona ejercen una clara influencia en los procesos de aprendizaje, dificultándolos en términos generales por ausencia o insuficiencia de capacidades cognitivas instrumentales.

3.3.1.2.- Contexto curricular.

Este espacio atiende a la forma según la cual se ha organizado la asignatura. Se refiere, por tanto, a información que se considera relevante para poder interpretar el material recopilado desde la perspectiva del contenido trabajado y de su organización en el aula. Desde este punto de vista, cabe recordar, como se ha comentado, que la propia docente de la asignatura ha actuado como investigadora recogiendo los datos correspondientes en condiciones naturales de aula, es decir, las mismas que en cursos anteriores. El objeto de la investigación, como ya se ha expuesto, está centrado en los posibles modos que siguen los estudiantes mentalmente en el procesamiento de la información trabajada en el aula, sus modelos mentales, ya que se entiende que es una información absolutamente necesaria para plantear a partir de la misma tanto los procesos de aprendizaje como el trabajo docente que los posibilite. La organización de la asignatura, por lo tanto, no es objeto de la misma y por ello no se ha considerado ni controlado como variable. Pero cabe la posibilidad “a posteriori” de que pueda establecerse alguna relación o conexión entre esos modelos mentales construidos por el alumnado relativos al contenido específico con el que se ha trabajado y su organización y, en todo caso, resultará necesario para entender los datos obtenidos saber que se ha seguido una secuencia convergente diferente a la habitual en los libros de texto y programas oficiales que se ha desarrollado en los últimos años con resultados satisfactorios y que nos lleva a analizar, previa introducción general, cada principio inmediato orgánico desde el punto de vista bioquímico, citológico y fisiológico. Se habla, pues, en este terreno de modelos conceptuales, los que se han construido para facilitar la enseñanza, como Norman (1983) planteaba, los modelos conceptuales que deben ser claros, consistentes, elegantes y, sobre todo, susceptibles de ser aprendidos, cuanto menos, en su presentación, para que puedan ser aprehendidos por los estudiantes construyendo para ello los modelos mentales correspondientes que son los que constituyen el objeto básico de la presente investigación. Por ello y en este marco resulta relevante llevar a cabo un análisis serio y concienzudo de ese contenido que es objeto de aprendizaje escolar, en general, pero más, si cabe, en este contexto, en el que se requiere toda la información pertinente para poder interpretar esos modos internos, esas representaciones, que los sujetos generan. Por estas razones (necesidad de aportar información relativa al contenido trabajado por el alumnado para entender los datos que el mismo aporta, definición de los modelos conceptuales -Norman, 1983- de ese

contenido y posibilidad de que ejerzan alguna influencia en la construcción de los modelos mentales correspondientes, lo que, en todo caso, requerirá investigación posterior) se ha llevado a cabo la tarea de análisis de dicho contenido, lo que se presenta como Anexo nº 1.

3.3.1.3.- Contexto pedagógico.

Tampoco es la intervención pedagógica de la docente objeto de la investigación, pero sí que es cierto que su conocimiento aporta información contextual con respecto a la experiencia seguida. Nuevamente cabe comentar que no se ha considerado ni controlado como variable pues lo que interesa es interpretar los datos obtenidos de los estudiantes con la intención de disponer de información sobre sus representaciones mentales para “a posteriori” averiguar si las mismas tienen alguna relación con el tipo de trabajo desarrollado en el aula. De manera muy genérica el contexto pedagógico viene definido por la programación general anual de la asignatura que es preceptivo entregar a la Inspección Educativa (si bien, para este nivel puede obviarse, ya que lo coordina y controla el distrito universitario de la Comunidad Autónoma, en particular, la Universidad de La Laguna) y que en este caso concreto, para esta docente y en este Centro es igual al seguido en los últimos años en todas y cada una de las asignaturas y niveles que la misma imparte. Sus pautas básicas se articulan como sigue (se usa como referencia la Programación Anual del curso 1991/92 en este aspecto que no ha variado desde entonces):

- Principios metodológicos.- se tendrán en cuenta:
 - La consideración de las ideas previas o concepciones de los alumnos. Se pretende detectarlas, conocerlas y trabajar con ellas.
 - Potenciar el aprendizaje significativo y autónomo. En relación con este principio se considera como actividad todo aquello que supone un proceso interno de reconstrucción de lo que la persona ya sabe.
- Elementos de la metodología:
 - Estrategias: dentro de éstas existe un amplio margen que va desde las expositivas en sentido estricto hasta las centradas en el descubrimiento autónomo. Se ha optado por utilizar básicamente estrategias centradas en el planteamiento y resolución de problemas, articulando las actividades en función de los mismos; por tanto, nos situamos en estrategias por descubrimiento.
 - Medios y recursos didácticos: se hará uso de todos aquéllos de los que el Seminario pueda disponer, previa discusión sobre su utilidad y finalidad. Se ha insistido mucho en la importancia de tener preparados los materiales de los alumnos a través de las guías didácticas, dentro de los medios y recursos propios del aula.
 - Entorno de aprendizaje: se han incluido dentro de este apartado la organización del espacio, la organización del tiempo y el agrupamiento de los alumnos. Globalmente considerados, se toma la decisión de trabajar básicamente en grupos de 4 ó 5 estudiantes y, dentro de la flexibilidad necesaria para desarrollar un trabajo de las características expuestas, controlar el tiempo dedicado a cada unidad didáctica a través de las reuniones semanales del Seminario.

- Actividades/tareas: se desarrollarán actividades de tres tipos:
 - Iniciación: detección de las concepciones, motivación.
 - Reestructuración y conceptualización : actividades encaminadas a modificar esas concepciones y a potenciar el aprendizaje.
 - Valoración: actividades que permitan conocer lo que se ha aprendido y que conduzcan a su aplicación en contextos diferentes.
- Papel del profesorado: básicamente nuestro trabajo se centrará en coordinar las acciones que conduzcan al aprendizaje, facilitar los materiales necesarios, reconducir y orientar las discusiones y los procesos, etc.
- Modelo metodológico: en función de lo que hemos visto, se utilizará como modelo metodológico el siguiente:
 - 1.- Formulación y discusión del problema y planteamiento de preguntas.
 - 2.- Formulación de hipótesis.
 - 3.- Contrastación de hipótesis.
 - 4.- Conclusiones.
 - 5.- Comunicación de resultados.

Obsérvese que se trata de un planteamiento genérico, teórico, si se quiere, que puede quedarse sólo en el terreno de una declaración de intenciones sobre lo que se supone que debe ser el trabajo docente y que, por ello, puede no corresponderse con lo que realmente se vive en el aula por parte de los que son los protagonistas del evento educativo, o sea, docente y discentes. Se insiste en que el objeto de la investigación que se comunica en estas páginas se centra en el terreno psicológico de la cognición y no en el ámbito pedagógico, pero, por una parte, porque se trata de una investigación cualitativa cuyo informe requiere el mayor número de aportaciones y rasgos que puedan ser relevantes posible y, por otra, porque habrá que ver en el futuro si hay alguna relación entre modelos mentales construidos y el tipo de trabajo desarrollado en el aula, se elabora como Anexo nº 2 un documento que da cuenta específicamente de aspectos metodológicos y de la vivencia seguida a través del diario de sesiones de la profesora y de una encuesta anónima de evaluación de la misma llevada a cabo por el alumnado al finalizar el curso escolar, que tiene por objeto determinar los aspectos pedagógicos más sobresalientes de la experiencia concreta de investigación en lo que se refiere a la metodología como elemento del currículum.

3.3.2.- Los casos.

Los casos indagados son los treinta y seis estudiantes que han cursado oficialmente la asignatura de Biología de COU durante el curso escolar 1996/97 en el centro citado anteriormente y han terminado dicho curso escolar; veinticinco se corresponden con alumnas y once son alumnos. Originalmente eran cuarenta y un jóvenes, pero cinco de ellos abandonaron el curso por razones diversas, fundamentalmente por fracaso escolar. Todos ellos tienen edades que oscilan en torno a los 17/18, aunque algunos pueden tener algún año más por haber repetido cursos anteriores (incluso algunos de ellos repiten este mismo curso -COU-). Los treinta y seis estudiantes se han distribuido en dos grupos de veintidós y catorce jóvenes atendiendo a razones administrativas y de organización del centro. En el primero de los grupos, los veintidós estudiantes han elegido la opción B (Biosanitaria) que supone Biología y Química como asignaturas obligatorias; en el grupo menor, ocho jóvenes son de esta misma opción y seis de la opción A (Científico-tecnológica), que tiene Matemáticas y

Física como asignaturas obligatorias, pero Biología como disciplina optativa que estos estudiantes han elegido.

Se trata en general, tanto en uno como en otro grupo, de jóvenes que responden a características habituales de la edad, es decir, que no muestran diferencias significativas con respecto a otros estudiantes de la misma asignatura en el mismo centro al menos en los últimos cinco años, por lo que la caracterización general y genérica del análisis encargado por la A.P.A. y ya comentado también es aplicable a los mismos. Son también, pues, estudiantes similares a los de otros centros escolares en los mismos niveles, no observándose características definitorias distintas para este caso concreto.

Como el objeto de la investigación es interpretar lo que estos jóvenes hacen y dicen en los diferentes contextos escolares y de aprendizaje, es decir, inferir sobre las representaciones posibles que han construido en diferentes situaciones y momentos a lo largo del curso, como se ha dicho y como emana de la fundamentación teórica expuesta, se trata de un análisis del nivel psicológico de la cognición y por ello, se ha entendido que estos estudiantes debían estar en las condiciones más naturales posibles; lo que se pretende es ver cómo se procesa la información trabajada, cómo se representa mentalmente y en ese sentido, se ha considerado que el alumnado en cuestión en ningún momento debía saber que estaba siendo objeto-sujeto de investigación, de manera que no hubiera influencia alguna sobre su modo de pensar que no fuera lo normal en las aulas de Biología. Además, se ha optado por cuidar este aspecto porque se entiende que deben buscarse protocolos y mecanismos de indagación que sean aplicables a estas condiciones naturales de aula y que puedan salir de ellas, así como que sean utilizables en las mismas o susceptibles de usarse en tales aulas, porque de lo que se trata es de generar conocimiento sobre esos procesos cognitivos que son los que normalmente se producen y no los que se desarrollan en condiciones controladas de laboratorio. Esto es lo que justifica, no sólo la ignorancia de su papel esencial como protagonistas de investigación de estas treinta y seis personas a lo largo del curso, ya que desconocían esta condición, sino también que todos y cada uno de ellos se hayan tenido en cuenta, ya que son los que lo cursaron en su totalidad.

Si bien en líneas generales ambos grupos administrativamente constituidos por el Centro son similares entre sí y a otros grupos de años anteriores, entre ellos a lo largo del curso escolar se observaron algunas sutiles diferencias que se centran fundamentalmente en el ritmo de trabajo y en la predisposición a discutir y analizar el contenido trabajado; de hecho, se ven ciertas diferencias en el rendimiento escolar, detectándose una mayor proporción de estudiantes brillantes y de mejores calificaciones en sus diferentes asignaturas en el grupo menor. Estas diferencias se han plasmado en el diario de sesiones de clase en el que se anotaba todo lo que se hacía en las mismas, así como las impresiones y sensaciones de la profesora, que, como se ha expresado, se incluye en el Anexo nº 2.

3.3.3.- Fuentes de datos.

Las fuentes de datos utilizadas para la recogida de información están constituidas por las producciones y verbalizaciones hechas por el alumnado a lo largo del curso escolar que han sido convenientemente registradas para su posterior análisis e interpretación, abriéndose un archivo correspondiente a cada uno de los sujetos considerados. Estos registros son los siguientes:

- Cuestionarios inicial y final (el mismo en ambas ocasiones).
- Los cinco exámenes elaborados a lo largo del curso.
- Los tres mapas conceptuales solicitados también en momentos diferentes.
- Interpretación de un símil de la célula.
- Elaboración de un dibujo relativo a su estructura y funcionamiento.
- Entrevista final.

Todos ellos se han cumplimentado individualmente en las horas ordinarias de clase (excepto la entrevista que se desarrolló una vez acabado el curso escolar) y los únicos que han sido susceptibles de calificación son los exámenes, extremo este que el alumnado conocía. Estos instrumentos se incluyen como Anexo nº 3.

Los cuestionarios inicial y final tienen por objeto obtener información relativa a la selección y uso de conceptos y frases, así como la utilización de imágenes atendiendo en todas las cuestiones planteadas tanto a la estructura como al funcionamiento celular. Las respuestas a las mismas nos permiten inferir los elementos que el individuo maneja (verbales o icónicos) así como un cierto grado de comodidad en cada uno de ellos. Al tratarse del mismo cuestionario en ambos momentos, se recoge una información valiosa que permite establecer comparaciones y, con ello, valorar la evolución experimentada a lo largo del curso. Estos cuestionarios se han definido como instrumento específicamente para la presente investigación.

Los exámenes cumplimentados a lo largo del curso han sido, como se ha expresado, cinco cuyo contenido objeto de evaluación y, también, de calificación ha sido:

- Origen de la vida, niveles de organización, Teoría Celular y principios inmediatos inorgánicos.
- Glúcidos.
- Lípidos.
- Proteínas.
- Ácidos Nucleicos.

En todos ellos se han incluido cuestiones de tres tipos distintos que atienden a contenido conceptual (con una asignación de 4,5 puntos), contenido relativo a procedimientos (2,75 puntos) y relativo a actitudes y a capacidad crítica/elaboración personal (1,75 puntos); el punto restante para completar la calificación de 10 puntos habitual se destinó a presentación y expresión. Las preguntas del primer grupo son típicamente relativas a conceptos, ¡a teoría!, y dan medida de la clase de argumentos usada por el alumnado, así como de su discurso. En el segundo grupo se incluyen cuestiones que suponen elaboración de razonamientos biológicos, aplicación de contenido conceptual, emisión y contrastación de hipótesis, planificación de actividades consistentes con las mismas, etc.; por tanto, son preguntas que nos permiten ver el grado de comprensión alcanzado sobre ese contenido conceptual, su capacidad explicativa y predictiva, ya que requieren el establecimiento de deducciones e inferencias. Todos los ejercicios se han cerrado con una o dos preguntas que se denominan de capacidad crítica y elaboración personal porque en ellas lo que se pretende, además de ver la aplicabilidad del conocimiento producido, es observar las respuestas dadas en contextos totalmente diferentes a los trabajados en el aula. La naturaleza y el formato de estos

exámenes son iguales a los elaborados en los cursos escolares anteriores, no siendo, por tanto, concretos del proyecto que nos ocupa; de hecho, muchas de las preguntas incluidas son iguales a las de ejercicios de años anteriores.

Se han solicitado también tres mapas conceptuales individuales elaborados en una hora de clase al comenzar el segundo trimestre, al comenzar el tercero y al final del curso (el curso escolar en este nivel se organiza trimestralmente). Como actividad y como instrumento es específico para la investigación desarrollada, si bien ha sido habitual para este y para otros cursos anteriores hacer y discutir mapas conceptuales organizando al alumnado por grupos; por tanto, los estudiantes estaban familiarizados con la tarea asignada. Los mapas individuales reclamados para plasmar el conocimiento disponible sobre la estructura y el funcionamiento de la célula han tenido por objeto recabar información relativa a la selección de conceptos y al uso que se hace de los mismos. En todos los casos estos aspectos eran completamente libres con la única salvedad del segundo de ellos en el que se limitó dicha selección a quince solamente. Se solicitó, además, su explicación, lo que permitía contrastar el mapa como producto con las argumentaciones ofrecidas.

Se usó como registro también la interpretación hecha por los jóvenes de un símil de la célula que incluye diferentes viñetas representativas de distintas funciones a través de acciones humanas cotidianas para ver en qué medida respondía a lo que ellos conocían de la estructura y del funcionamiento de la misma. Esta tarea y este instrumento tenía como finalidad la observación de las correlaciones establecidas entre las estructuras y las funciones biológicas y las presentadas en el símil, así como la naturaleza de las explicaciones aportadas en el proceso inferencial. De este modo se obtiene una cierta medida de la “imaginabilidad” de los individuos, así como de su conceptualización biológica y capacidad comprensiva, sus posibilidades de explicar y de predecir, al tiempo que permite detectar aspectos análogos o, cuanto menos, la capacidad de manejarlos. Esta actividad se planificó como fuente de recogida de información concreta de la presente investigación.

También con la intención de valorar la “imaginabilidad” se solicitó la elaboración de un dibujo que plasmara conjuntamente la estructura y el funcionamiento celular que no podía incluir explicaciones sino solamente recursos y aspectos gráficos y algunas palabras. Con este registro se pretendió determinar el uso de imágenes en la conceptualización de este contenido. Estos productos son igualmente específicos del presente proyecto.

El último instrumento planificado lo constituye la entrevista final; se desarrolló una vez acabado el curso y duró aproximadamente media hora como término medio. Estas entrevistas no se diseñaron como entrevistas clínicas sino como conversaciones informales en las que se estableciera un consenso entre la entrevistadora y los entrevistados; el objeto de las mismas fue, precisamente, compartir significados entre ambas personas y por ello son, incluso, reiterativas. De hecho, con la intención de confirmar dichos significados y si realmente se compartían, se sugirieron y contrastaron algunas ideas para ver si lo que la entrevistadora había captado era realmente lo que la persona quería decir; el esquema de la entrevista es similar para todos los estudiantes. Las calificaciones finales del curso ya se habían entregado, por lo que de ningún modo estos diálogos eran decisivos en ese aspecto; de esta manera, el clima fue distendido y cordial. Las entrevistas fueron grabadas y transcritas.

Con las fuentes de datos anteriormente descritas se han obtenido trece registros de cada uno de los estudiantes (con muy pocas excepciones si dejaban de presentarse a los exámenes) que constituyen las producciones y verbalizaciones que han servido de soporte para la posterior interpretación sobre los posibles modos de pensar de los mismos, sus modelos mentales, relativos a la célula a lo largo del curso escolar en el que se han obtenido. De las explicaciones relativas a dichos instrumentos se deriva que algunos de ellos son habituales en la práctica docente de la investigadora y otros son específicos y planificados expresamente para esta investigación en función de lo que se consideraba que se iba a requerir porque “a priori” (¡sobre la marcha!) parecía necesario disponer en el futuro (en la fase de trabajo con los materiales) de esos registros individuales para el análisis posterior.

3.3.4.- Procedimiento de análisis.

Como se desprende de lo expuesto en el apartado de fuentes de recogida de información, éstas se fueron aplicando a medida que se trabajaba la asignatura, dentro de la dinámica de la misma a lo largo del curso escolar; de hecho, han constituido al mismo tiempo actividades ordinarias de aprendizaje dentro del trabajo docente. Una vez recopiladas las producciones y verbalizaciones del alumnado que se mantuvo escolarizado en su totalidad, como primera fase, se llevaron a cabo posteriormente varias aproximaciones tentativas a dicho material “a posteriori”, con objeto de delimitar su tratamiento. Después de varios intentos que no dieron los frutos esperados ya que no aportaban las respuestas que se pretendían, se define un esquema general como procedimiento de análisis de esas producciones y verbalizaciones para su interpretación que se basa en la combinación de diferentes aspectos encontrados en los mismos y que se construye y se desarrolla sobre la base de la fundamentación teórica en la que se apoya la presente indagación.

Siguiendo a Johnson-Laird, como ya se ha expuesto, la mente humana opera con un triple código de proposiciones o representaciones proposicionales, modelos mentales e imágenes y utiliza esas representaciones como intermediarias entre el individuo y la realidad, su mundo, ante la imposibilidad de aprehenderlo directamente. Las características que definen y diferencian cada una de estas representaciones ya se han explicado. Las proposiciones son representaciones proposicionales verbalmente expresables. Son sentencias con una estructura similar a la lingüística que, si se articularan, darían lugar a una representación predictiva y explicativa (desde la perspectiva de la propia teoría) o modelo mental. Éste es un análogo estructural del mundo que se pretende representar que genera comprensión ya que permite explicaciones y predicciones sobre el mismo; por lo tanto, favorece el establecimiento de deducciones e inferencias, la interpretación, la formulación de analogías, esa comprensión, en suma. Esos modelos pueden generar vistas o visiones parciales de los mismos, o sea imágenes.

En suma, nos interesa ver si se construyen a lo largo del curso proposiciones aisladas o modelos mentales relativos tanto a la estructura como al funcionamiento de la célula y si esos modelos van acompañados o no de imágenes que favorezcan el razonamiento y la comprensión de este contenido.

La materia prima que se utiliza para averiguarlo, los registros en definitiva, están constituidos por las producciones y verbalizaciones que los estudiantes han generado de

manera individual en dicho curso, registros que se han analizado e interpretado con objeto de establecer predicciones y explicaciones (entendidas desde la perspectiva de Johnson-Laird) sobre los modos cognitivos según los cuales los estudiantes generan predicciones y explicaciones, en el fondo, sobre las representaciones que han construido.

Proposiciones, modelos mentales e imágenes son, pues, las formas distintas de representación con las que trabaja la mente humana que vamos a tomar como referencia para el análisis de las representaciones del alumnado en nuestro estudio. Pero ¿cómo averiguamos con cuál de ellas operan los individuos en un momento dado, en un contexto dado y con un contenido también dado? Tendremos que atender en términos genéricos a la selección y uso que se hace de los conceptos que el sujeto emplea en esas representaciones, lo que nos permitirá determinar en qué medida la persona opera sólo con proposiciones aisladas o las articula en forma de un modelo coherente, y a la “imaginabilidad”, a la capacidad de plasmar en imágenes, de usar en sus explicaciones y predicciones esas imágenes. Atendiendo a lo expuesto, se definen y diferencian, por tanto, tres niveles distintos de análisis:

- La selección de conceptos que se lleva a cabo, ya que nos dará información sobre los conceptos a los que se les da relevancia y, por tanto, en este aspecto habremos de atender a si se usan conceptos relativos tanto a estructura como a funcionamiento celular.
- El uso de los mismos, de lo que se derivará la capacidad explicativa y predictiva que se ha generado y, consecuentemente, (de acuerdo con Johnson-Laird) el grado de comprensión.
- Uso y, en su caso, calidad de las imágenes y dibujos (o indicios de su uso en el razonamiento), de tal manera que se detecte si se razona la célula con el uso de imágenes en ese proceso cognitivo o si no se recurre a ellas, bien porque no se generan o bien porque son simples, estáticas y parciales.

Estos tres niveles globales de análisis de esas producciones y verbalizaciones se abordan de manera diferenciada a través de tres subesquemas constituidos por:

- El discurso: subesquema de análisis que nos permite atender como criterios a la selección de conceptos, a su uso a través de la calidad del discurso plasmado, el uso de la información utilizada, el establecimiento de deducciones e inferencias, la manifestación de analogías y la utilización de imágenes en esas composiciones. Como fuentes de información para su estudio se han utilizado los cuestionarios inicial y final, la entrevista, el símil de la fábrica y los exámenes.
- Los mapas conceptuales: subesquema que muestra la selección conceptual, las relaciones establecidas entre dichos conceptos, la naturaleza de las proposiciones construidas y la jerarquización del contenido llevada a cabo, así como la posible presencia de analogías y referencias a imágenes en los nexos establecidos. La fuente de información de este subesquema, como es obvio, está constituida por los propios mapas conceptuales.

- Los dibujos, cuyo análisis como subesquema de interpretación permite abordar los conceptos seleccionados, el diseño elaborado, la delimitación de identificación estructural, identificación funcional y/o interacción entre ambos aspectos, o sea, integración estructura/función, así como la complejidad plasmada en los mismos. Las fuentes fundamentales de datos para el análisis de este subesquema están definidas por los cuestionarios inicial y final y el dibujo solicitado al efecto.

Como puede derivarse de los criterios precedentes definidos para cada uno de los subesquemas, se establecen entre ellos relaciones directas que muestran que efectivamente puede atenderse al estudio de los niveles de selección de conceptos, uso de la información e imágenes como rasgos comunes a esos subesquemas, así como registros que pueden abordarse en las diferentes fuentes de información utilizadas para el análisis.

No podemos olvidarnos de que lo que se plantea es un trabajo de introspección, un proceso de interpretación de esas distintas producciones y verbalizaciones con la finalidad de extraer una predicción y una explicación (se insiste en que se usan ambas palabras en términos de Johnson-Laird) relativa a cómo pueden haber operado mentalmente los protagonistas de la investigación; por lo tanto, lo que se hace es interpretar, deducir, establecer inferencias, postular analogías sobre cómo creemos que cada uno de ellos ha generado sus explicaciones, sus representaciones. Atender a estos tres aspectos supondrá, por lo tanto, el soporte sobre el que indagar y explorar la construcción de modelos mentales relativa a un concepto tan complejo y altamente estructurado como es la célula en el nivel en el que la abordamos. Se está procurando explorar la forma de generar un modelo sobre esas representaciones que son internas y está claro, como ya se ha dicho, que no nos podemos meter en los cerebros de esos individuos, no podemos saber cómo funcionan sus mentes, sino solamente intentar plantear algunas explicaciones sobre cómo puede ser eso posible; no se trata más que de una aproximación. Esto es lo que nos lleva a buscar, dentro de las enormes dificultades que ello entraña, como ya hemos expuesto que muy acertadamente han comentado Caravitas y Tonucci (1988), categorías de análisis, criterios comunes que nos permitan contrastar y comparar producciones tan distintas como un mapa conceptual, un dibujo, un examen o una entrevista, por ejemplo. De acuerdo con Norman (1983), buscamos las estructuras indistintas, incompletas y desordenadas que las personas tienen en sus cabezas y, como investigadores, hemos optado por hacerlo usando como material de referencia para la interpretación todo lo que esas personas han hecho a lo largo del curso, como hemos dicho, sus producciones y verbalizaciones, analizadas desde la perspectiva de estudios de casos múltiple. Por ello y para ello esa definición de criterios comunes es crucial en la triangulación de los materiales recogidos. La selección y el uso de los conceptos, por una parte, y el uso, en su caso, de imágenes en el razonamiento, bien porque se realicen los dibujos o bien porque se utilicen como referencia en el discurso, constituyen la base del análisis e interpretación de cada caso. Este esquema global se ha particularizado en los tres subesquemas expuestos centrados en el discurso, en los mapas conceptuales y en los dibujos para cada uno de los cuales se han definido los criterios de análisis y, dentro de los mismos, las categorías que permiten su estudio. Lógicamente, se establecen relaciones entre los distintos criterios y categorías que se presentan en las Fig. 3.1 y 3.2.

Niveles de análisis	Subesquemas de análisis		
	Discurso	Mapas conceptuales	Dibujos
Selección	CONCEPTOS	CONCEPTOS	CONCEPTOS
Uso	FRASES (de libro o elaboración personal)	SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	DISEÑO (de libro o elaboración personal)
	CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	RELACIONES (simples o explicativas)	ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)
	USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)
	INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	
	ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	
Imágenes	PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)		
	Cuestionario inicial, cuestionario final, entrevista, símil de la fábrica, exámenes.	Mapas conceptuales.	Cuestionario inicial, cuestionario final, dibujo de estructura/funcionamiento.
	Fuentes de datos para análisis		

Fig. 3.1. Cuadro explicativo de niveles, subesquemas y fuentes de datos del análisis desarrollado en el que se presentan las relaciones directas entre los diferentes criterios definidos.

x	Mapas conceptuales											o	
Discurso	CONCEPTOS		SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)		RELACIONES (simples o explicativas)		PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)		JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)		ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de las mismas en los nexos)		Dibujos
	x	o											
CONCEPTOS	x	o											CONCEPTOS
FRASES (de libro o elaboración personal)			x	o	x	o		o	x			o	DISEÑO (de libro o elaboración personal)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)					x	o	x	o	x			o	ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)					x	o	x		x	o			COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)								x		x			
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica –nivel-, repetición de clase/autónoma)											x		
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)											x		

Fig. 3.2. Comparación de los diferentes criterios usados en los distintos subesquemas de análisis.

Vemos en los cuadros anteriores cómo, efectivamente, si bien se particulariza en tres subesquemas, en todos ellos usamos criterios y categorías similares, ya que refieren a los mismos tres niveles de análisis, que nos permiten delimitar el tipo de representación construido por los estudiantes para la estructura y el funcionamiento, en su conjunto, de la célula y nos permiten, también, determinar en qué terreno operan para ambos aspectos de la misma; de este modo, podemos observar en qué medida se establecen inferencias y deducciones desde la citología hacia la fisiología y viceversa, se piensa o no en términos causales, se razona para generar un modelo integrado estructura/función que es lo que la enseñanza de este contenido pretende para su aprendizaje en estos jóvenes, ya que lo que se procura es que generen comprensión al respecto. Tendremos, así, elementos de juicio suficientes para tipificar los modos o modelos de trabajo de los estudiantes atendiendo al análisis del contenido llevado al efecto. Lo que se ha hecho es, simplemente, considerar el conjunto de informaciones, de registros obtenidos de cada estudiante como si se tratara de un estudio de casos múltiple o, si se quiere, de treinta y seis estudios de casos y para ello se hizo necesario contrastar, comparar, analizar, ..., ..., hasta llegar a definir estos criterios y, dentro de cada uno de ellos, las categorías que nos permitieran situar cada uno de los productos considerados, un análisis que, consecuentemente con la opción metodológica seguida, se definió, como en este caso, "a posteriori", sobre la marcha, sobre el trabajo. Todo el protocolo seguido efectivamente ha resultado y se ha conseguido una vez que se fueron descartando distintos intentos, como ya se comentó, que no permitían dar con la definición y delimitación de esos criterios y categorías y que, como es lógico, no facilitaban las respuestas que se estaban buscando; se disponía de una gran cantidad de información proveniente de los estudiantes, de un material en bruto, pero no se sabía cómo extraer de ella consecuencias y conclusiones, cómo dar respuesta a las preguntas que se habían planteado como guía de la presente indagación. La triangulación desde distintas perspectivas de análisis, al final, logró un esquema global factible, que es el ya expuesto, y tres subesquemas que permitieron extraer esa información del material recogido pertinente para responder al interrogante con el que empezábamos este capítulo de la investigación desarrollada.

"A priori", y con la idea de explicitar en la mayor medida posible las conexiones existentes entre los distintos criterios y categorías definidas para los mismos, dentro de cada uno de los subesquemas de análisis, se exponen algunas de las relaciones más evidentes; de este modo, se muestra cómo realmente se trata de un único esquema global que guarda relación con la finalidad de la investigación, así como con su fundamentación teórica, y que se pormenoriza para facilitar el trabajo con los materiales recogidos. Para ello se opta nuevamente por presentar un cuadro explicativo en el que se plasman relaciones directas entre diferentes categorías de distintos criterios considerados en diversos instrumentos (como fuentes de datos), que atienden o se enmarcan en los diferentes subesquemas delimitados para el análisis. (Fig. 3.3). Aunque ya de por sí, el cuadro realizado parece bastante complejo, con todo, no incluye todas las relaciones posibles en aras de que sea entendible y se pueda observar, razón por la cual, evidentemente, pueden encontrarse otras que sean igualmente relevantes y susceptibles de consideración más explícita; lo que se pretende es, simplemente, ejemplificar que esas relaciones existen y que se enmarcan en un esquema general coherente para la interpretación de los materiales seleccionados y, cuanto menos "a priori", el cuadro citado da cuenta de ello.

Discurso	Mapas conceptuales	Dibujos
CONCEPTOS	CONCEPTOS	CONCEPTOS
FRASES	SELECCIÓN	DISEÑO
de libro	arbitraria	de libro
elaboración personal	adecuada y consistente	elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS	RELACIONES	ESTRUCTURAS
simple y pobre	simples	identificación
coherente y con aplicación	explicativas	identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases
		identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales
		identificación y funciones con uso de notaciones no verbales
USO DE LA INFORMACIÓN	PROPOSICIONES	COMPLEJIDAD
repetición mecánica	nada o poco significativas	simples-estáticos
organización autónoma	significativas	complejos-dinámicos
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN	JERARQUIZACIÓN	
no establecimiento	ausente	
establecimiento pobre	de libro o débil	
elaboradas	coherente	
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES	
	no uso de las mismas en nexos	
	uso de las mismas en los nexos	todas las categorías definidas para dibujos
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS		
no uso		
uso		

Fig. 3.3. Algunas relaciones directas entre diferentes categorías de los distintos criterios en los subesquemas de análisis.

En el esquema general de análisis, como se ha expuesto, se delimitan tres niveles destinados a la selección de conceptos, a su uso y a la utilización de imágenes y, en su caso, naturaleza de las mismas, lo que justifica el soporte de la indagación en la construcción de posibles y diferentes modelos mentales de célula. Esos niveles guardan, como es lógico, una estrecha relación con la fundamentación que constituye el marco teórico de la presente investigación. La selección de conceptos como criterio (1º nivel), que es común a todos los instrumentos utilizados, resulta relevante por cuanto “*lo que conocemos del mundo depende de nuestro aparato conceptual*” (Johnson-Laird, 1983, pág. 410), lo que justifica el papel del contenido en la construcción y manejo de los modelos mentales, como hemos visto en la presentación de la teoría que nos ocupa. Pero esa simple selección no nos sirve de mucho si no se analiza su utilización (2º nivel), lo que deriva en el uso de la información, en la calidad del discurso, en el establecimiento de deducciones e inferencias, en el planteamiento de analogías, en la naturaleza de las relaciones conceptuales y de las proposiciones y en la jerarquización conceptual como criterios que permiten delimitar y valorar la capacidad predictiva y explicativa y, consecuentemente, la comprensión de una entidad tan compleja y abstracta, -de un concepto científico-, que ese modelo mental, esa representación, genera. El papel de las analogías, así como la importancia de las deducciones e inferencias, del razonamiento en suma, en dichos modelos ha quedado marcadamente de manifiesto en los presupuestos teóricos y es evidente, por tanto, la necesidad de su consideración en una investigación que se desarrolla al amparo de este referente teórico. Y la imagen ya se ha visto cómo se contempla en todos esos procesos (3º nivel); resulta, pues, pertinente y necesario observar si se usan o no y, en caso de hacerlo, cuáles son sus características.

De lo anterior se deriva, pues, que los niveles de análisis delimitados, los criterios considerados dentro de los mismos y las distintas categorías definidas en cada uno de ellos son totalmente consistentes con lo que la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird postula de cara a su indagación en las mentes de los protagonistas de la presente investigación.

Habiéndose encontrado, pues, una salida, una forma de tratar el material hasta este punto, un proceso metodológico consistente, el paso siguiente suponía su cumplimentación hasta este nivel para los treinta y seis sujetos tratados; y, como es lógico, se hizo necesario ver su viabilidad. Para valorar la contrastación y la confiabilidad del procedimiento seguido hasta este momento de la investigación, se han llevado a cabo tres controles diferentes:

- Un primer control consistente en la realización de este proceso para seis estudiantes en dos momentos distintos por parte de la propia investigadora. Los resultados no muestran diferencias significativas al respecto; permitieron, además, ajustar más las categorías dentro de cada criterio.
- Un segundo control consistente en seguir este mismo proceso con otros seis sujetos por parte de un juez externo y de la investigadora, para su comparación. La contrastación nuevamente resulta poco significativa en términos de las diferencias detectadas, si bien, como es lógico, mayor que en el caso anterior.

Las tablas de comparación correspondientes a las contrastaciones anteriores se presentan como Anexo nº 4.

- Un tercer control de revisión de todas y cada una de las tablas con objeto de unificar criterios y de considerar los mismos conceptos.

Con ello lo que se ha pretendido es valorar el proceso, el protocolo definido para la finalidad que se perseguía, observándose su idoneidad y pertinencia.

Una vez perfilado el esquema de análisis, y tras varios intentos, como se comentó, para definir dicho protocolo y una vez, también, delimitada su viabilidad ya que resultaba un procedimiento contrastable y confiable, se establecieron cuatro fases:

- Una primera en la que se han cumplimentado los cuadros anteriormente expuestos para todos y cada uno de los estudiantes.
- Una segunda, posterior en el tiempo algunos meses, en la que se revisaba lo anterior, lo cual suponía, como se ha expuesto, el tercero de los mecanismos de control, y se delimitaba la naturaleza de los conceptos utilizados en cada registro por categorías. Para ello se ha tenido en cuenta la selección de conceptos que han llevado a cabo, que genéricamente se ha hecho corresponder con tres conjuntos distintos relacionados directamente con los definidos por Johnson-Laird, ya que si hacemos uso de los tres conjuntos que él definía para los modelos físicos, podríamos admitir para la célula:
 - Un conjunto finito de elementos ("tokens") celulares que representan un conjunto finito de los elementos o *estructuras celulares* como entidades físicas; estaríamos haciendo referencia en este conjunto (tanto en términos reales como de representación) a los orgánulos y moléculas celulares.
 - Un conjunto finito de propiedades de esos elementos, es decir, un conjunto que representa la composición y la estructura de cada uno de los elementos ("tokens") que, en nuestro caso, serían los orgánulos. Por lo tanto, estaríamos re-presentando la constitución físico-química y estructural de esos orgánulos, sus *propiedades y características*.
 - Un conjunto finito de relaciones entre los elementos articuladas como la representación de las funciones de los orgánulos y de los procesos celulares que realizan, así como de las que lleva a cabo la célula, justificando, por lo tanto, el comportamiento celular; esta representación de relaciones entre los elementos de los conjuntos anteriores da cuenta de las interacciones entre los elementos que guardan relación con las *relaciones e interacciones* físico-químicas reales entre aquellas entidades.
- Una tercera fase de elaboración de las categorías de tipificación de las representaciones de célula que es consistente con la forma de seleccionar y usar los conceptos y las imágenes y que se apoya, también, en la delimitación de la naturaleza conceptual de la fase anterior. Esto permitió distinguir y diferenciar los distintos modos de representación de la célula que estábamos observando, al tiempo que delimitarlos con mayor nitidez, lo que evidenció,

además de las categorías consideradas básicas, otras que hemos contemplado como categorías de transición.

- Una cuarta y última fase en la que con todo ello como base, se ha llevado a cabo un informe interpretativo, un modelo mental de la investigadora, sobre los modelos mentales que cada sujeto ha ido desarrollando a lo largo del curso escolar que, consecuentemente, da cuenta también de su evolución. Con objeto de aclarar y ejemplificar el procedimiento completo seguido, se presenta a continuación todo el proceso correspondiente a un estudiante elegido al azar¹; los treinta y cinco informes interpretativos restantes se incluyen como anexos². En estos informes se observará que se usa poder o capacidad explicativa y predictiva, lo que hace referencia al significado que Johnson-Laird le asigna a los modelos mentales que, como análogos estructurales del mundo que son, dotan precisamente al individuo de la capacidad de explicar y predecir; se usan, pues, esos términos desde la perspectiva de la propia teoría, extremo este que ya se ha aclarado con anterioridad.

¹ En este ejemplo se hace uso de la tipificación llevada a cabo, lo que constituye uno de los hallazgos de la investigación.

² El recuento de conceptos que figura en la casilla de conclusiones de la tabla de clasificación de los mismos según su naturaleza, se ha hecho a través de un programa informático elaborado al efecto.

NOMBRE: Alejandro

CURSO: COU B

FECHA: 25-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Seres vivos, células, membrana, citoplasma, núcleo, vegetal, animal, energía, materia, nutrientes, orgánulos, información genética, entropía, intercambios, reacciones, mitocondria, ATP, reproducción, mitosis, bipartición, gemación, esporulación, nutrición, relación, retículo endoplasmático, ribosomas, vacuolas, lisosomas, membrana nuclear, nucleolo, cromatina, centriolo, aparato de Golgi, fotosíntesis, respiración celular, fermentación, ADN, información, ARN mensajero, síntesis de proteínas, lípidos, hidratos de carbono, proteínas.	Vida, célula, procariota, núcleo, endomembranas, eucariotas, orgánulos, ADN, pared bacteriana, citoplasma, vacuola, ribosoma, membrana, membrana nuclear, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, nucleolo, nucleoplasma, cromatina, ser vivo, nutrientes, metabolismo, información, cromosoma, relación, materia, ARN transferente, proteínas, energía, lípidos, agua, sales, combustible, ATP, nucleótidos, coenzimas, enzimas, medio.	Células, vida, ser vivo, reacciones, entropía, diversidad, funciones vitales, complejidad, reproducción, energía, materia, transformación, nutriente, información, membrana, perpertuación, ósmosis, ciclo de Krebs, hialoplasma, meiosis, degradación, síntesis, metabolitos, nutrición, glúcidos, proteína, lípido, ATP, nucleótidos, orgánulos, endomembranas, glucólisis, respiración, fermentaciones, ciclo de Krebs, hialoplasma, meiosis, sobrecruzamientos, cromosomas, ciclo celular, mitosis, diploides, haploides, gametos, fotosíntesis, vesículas, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, retículo endoplasmático, núcleo, nucleoplasma, cromatina, nucleolo, transporte, β -oxidación, aminoácidos, síntesis proteica, ADN, ARN mensajero, ribosoma, código genético, anticodón, codón, enzimas, metabolismo, fecundación.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	<ul style="list-style-type: none"> Glúcido: molécula. Proteína: membrana. Lípido: grasa. Ácido nucleico: doble hélice. Energía: ATP, imagen de libro. Entropía: Universo. Célula: dibujito redondito un montón de activo, y muchas distintas. Catabolismo: glucólisis, respiración, fermentaciones. Meiosis: imagen dinámica de célula. Reproducción: célula en fecundación. Anabolismo: fotosíntesis, creación de materia orgánica. Yo me estoy viendo ahora en una hoja. Ser vivo: fotos de animales. Nutrición: plantas absorbiendo agua. Relación: membrana, dos personas hablando.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> mitocondria: fábrica. Extrabiol./repetición de clase. ADN: es el jefe de producciones. Extrabiol./autónoma (diversidad celular) 	<ul style="list-style-type: none"> célula: pieza inicial del gran puzzle que es la vida. Extrabiol./autónoma. (diversidad celular) 	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- Pág. 5: insiste en la diversidad celular; se observa eso también en los cuestionarios.
- Pág. 8 A: interesante; el modelo le es útil.
- Pág. 9: modelo estructura/función; ¡vista!
- Al comparar: referencia a una imagen suya simplificada, tipo, que aparece en los libros con un "ejemplo" de cada orgánulo.
- Imagen (¡no analogía!) de los procesos y lugares -biol.
- Referencia a una imagen biológica, con relación estructura/función (¡de célula!) y es una imagen dinámica.
- Pág. 10: tengo que ver lo que estoy haciendo porque si no ...; hace referencia a una secuencia o sucesión de imágenes -¡varias imágenes!

NOMBRE: Alejandro

CURSO: COU B

FECHA: 25-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, energía, glucosa, célula, teoría celular, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, pared celular, membrana plasmática, núcleo, citoplasma, heterótrofa, autótrofa, sostén, intercambio, material hereditario, orgánulos, mitocondria, cloroplastos, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosomas, vacuolas, lisosomas, transporte, reserva, fotosíntesis, fase oscura, fase lumínica, respiración celular, glucólisis, descarboxilación oxidativa, ciclo de Krebs, fosforilación, fermentaciones.	Célula, proteínas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, eucariota, procariota, membrana plasmática, citoplasma, núcleo, pared celular, metabolismo, catabolismo, anabolismo, energía.	Célula, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN, ARN, procariota, eucariota, animal, vegetal, pared celular, membrana, citoplasma, núcleo, hialoplasma, orgánulos, nucleolo, membrana nuclear, mitocondrias, ribosomas, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, metabolismo, división celular, interfase, catabolismo, anabolismo, mitosis, meiosis, β -oxidación, glucólisis, respiración celular, fermentaciones, síntesis proteica, fotosíntesis, cromosomas, genética, ser vivo, nutrición, relación, reproducción, energía, materia, información.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Explicativas	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Significativas	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Coherente	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
		La explicación está muy bien argumentada y es coherente	

NOMBRE: Alejandro

CURSO: COU B

FECHA: 25-2-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Célula, membrana, mitocondria, núcleo, energía, vacuolas, lisosomas, ARN mensajero, síntesis proteica, retículo endoplasmático.	Célula, orgánulos, agua, reacciones, energía, membrana, enzima, transporte, vida, seres vivos, transmisión, herencia, entropía, complejidad, funciones vitales, materia, nutrición, información, relación, reproducción, procariota, eucariota, animal, vegetal, aminoácidos, ácidos nucleicos, ósmosis, sales minerales, metabolismo, ATP, medio, turgencia.	Glúcido, reacciones, seres vivos, materia, energía, catabolismo, anabolismo, exergónico, endergónico, cloroplastos, membrana, grana, fotosíntesis, fermentación, células, eucariotas, animales, vegetales, respiración celular, complejidad, metabolitos, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, funciones vitales, orgánulos, enzima, organismo, nutrientes, combustible, principios inmediatos, anaerobios, aerobios, hialoplasma, citoplasma, transporte, ATP, reacciones metabólicas, monosacáridos.	Seres vivos, vida, organismos, célula, energía, entropía, eucariotas, procariotas, membrana, citoplasma, núcleo, animales, vegetales, pared celular, orgánulos reacciones, lípidos, matriz mitocondrial, enzimas, citosol, ATP, ciclo de Krebs, β -oxidación, nucleótidos, glúcidos, endomembranas, retículo endoplasmático, vesículas, dictiosomas, ribosomas, proteínas, transporte, glucosidación, secreción, lisosomas, peroxisomas, mitocondrias, crestas mitocondriales, aparato de Golgi, principios inmediatos, ácidos grasos, complejidad, procesos metabólicos.	Proteínas, aminoácidos, membranas, endomembranas, eucariotas, citoesqueleto, cromosomas, transporte, organismo, transcripción, núcleo, cromatina, metabolismo, glúcidos, diversidad, agua, enzimas, reacciones, célula, holoproteínas, holoenzimas, cofactor, coenzimas, apoenzima, energía, catálisis, vida, inmunidad, linfocitos, antígenos, sistema inmunitario, respuesta inmune, anticuerpos, respuesta celular, información, ADN, ARN, genes, nucleótidos, síntesis de proteínas, procariotas, ARN mensajero, ribosomas, traducción, codón, código genético, ARN transferente, anticodones, combustión, vacunas, sueros, inhibidor, digestión.	Fenotipo, genotipo, mutaciones, nucleótido, cromosomas, euploidía, aneuploidía, herencia, sobrecruzamiento, meiosis, profase, recombinación, reproducción, seres vivos, relación, nutrición, perpetuación, gametos, organismo, variabilidad, mitosis, bipartición, reproducción sexual, cigoto, sexo, DNA, información, síntesis proteica, cromatina, ARN, ácidos nucleicos, célula, vida, ribosomas, mitocondrias, genes, ARN mensajero, núcleo, traducción, aminoácidos, proteína, coenzimas, retrocruzamiento, duplicación, interfase, membrana nuclear, huso, nucleolo, paquiteno, función vital, materia, agua, información genética, ciclo biológico, ATP.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: preg. 3 y 5)	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 8 y 9)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: célula)	Organización autónoma (Ej: necesidad de glúcidos)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: último párrafo de preg. 1 -funciones y su relación con la estructura)	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	Uso ¡muy pobre!
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas (Ej: pag. 5)	Elaboradas (Ej: pag. 6)	Elaboradas (Ej: Preg. 5)	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (sin embargo: hace símil con la ciudad. Extrabiol./autónoma)	No se detectan	No se detectan	• Retículo endoplasmático: es la fábrica donde se producen ...	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Alejandro

CURSO: COU B

FECHA: 25-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Membrana, citoplasma, núcleo, mitocondria, ATP, orgánulo, división, retículo endoplasmático, ribosomas, vacuolas, lisosomas, membrana nuclear, nucleolo, cromatina, centriolo, aparato de Golgi.	ADN, retículo endoplasmático liso, citoplasma, vacuola, membrana, membrana nuclear, ribosoma, pared bacteriana, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, nucleolo, nucleoplasma, cromatina, materia, información, ARN transferente, cromosoma, proteínas, metabolismo, relación, m. orgánica, m. inorgánica, ATP, lisosoma, núcleo.	ADN, ARN, procariota, ribosomas, luz, M.I., M.O., cloroplasto, fotosíntesis, lisosomas, núcleo, mitosis, meiosis, cromosomas, cromatina, vacuolas, reserva, aparato de Golgi, membrana, eucariota, ATP, pared bacteriana, protección, sostén, membrana nuclear, citoplasma, metabolismo, pared celular, mitocondrias, nucleolo, retículo endoplasmático, transporte, vegetal, animal, orgánulos, partículas F ₁ , matriz, nucleótido, membrana interna, membrana externa, intercambio, relación, ARN transferente, aminoácidos, ARN mensajero, proteína, liberación, sustancia, carrier.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal (Ej: poner pro y eucariotas o el funcionamiento)	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (en el dibujo de funcionamiento: una bipartición) (muy pobres en los dibujos 1° y 2° - pero llama la atención su énfasis en la diversidad)	Identificación (en los dibujos 1° y 3°) Identificación y comentarios de funciones (¡algunas!) con palabras y con flechas.	Identificación y funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales.
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Complejos-dinámicos (excepto el 3°)	Complejo-dinámico

NOMBRE: Alejandro

CURSO: COU B

FECHA: 25-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Seres vivos, células, membrana, citoplasma, núcleo, vegetal, animal, energía, materia, nutrientes, orgánulos, información genética, entropía, intercambios, reacciones, mitocondria, ATP, reproducción, mitosis, bipartición, gemación, esporulación, nutrición, relación, retículo endoplasmático, ribosomas, vacuolas, lisosomas, membrana nuclear, nucleolo, cromatina, centriolo, aparato de Golgi, fotosíntesis, respiración celular, fermentación, ADN, información, ARN mensajero, síntesis de proteínas, lípidos, hidratos de carbono, proteínas.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, orgánulos, agua, reacciones, energía, membrana, enzima, transporte, vida, seres vivos, transmisión, herencia, entropía, complejidad, funciones vitales, materia, nutrición, información, relación, reproducción, procariota, eucariota, animal, vegetal, aminoácidos, ácidos nucleicos, ósmosis, sales minerales, metabolismo, ATP, medio, turgencia.
ex. GLUC. 9/12/96	Glúcido, reacciones, seres vivos, materia, energía, catabolismo, anabolismo, exergónico, endergónico, cloroplastos, membrana, grana, fotosíntesis, fermentación, células, eucariotas, animales, vegetales, respiración celular, complejidad, metabolitos, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, funciones vitales, orgánulos, enzima, organismo, nutrientes, combustible, principios inmediatos, anaerobios, aerobios, hialoplasma, citoplasma, transporte, ATP, reacciones metabólicas, monosacáridos.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, energía, glucosa, célula, teoría celular, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, pared celular, membrana plasmática, núcleo, citoplasma, heterótrofa, autótrofa, sostén, intercambio, material hereditario, orgánulos, mitocondria, cloroplastos, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosomas, vacuolas, lisosomas, transporte, reserva, fotosíntesis, fase oscura, fase lumínica, respiración celular, glucólisis, descarboxilación oxidativa, ciclo de Krebs, fosforilación, fermentaciones.
ex. LÍP. 26/2/97	Seres vivos, vida, organismos, célula, energía, entropía, eucariotas, procariotas, membrana, citoplasma, núcleo, animales, vegetales, pared celular, orgánulos reacciones, lípidos, matriz mitocondrial, enzimas, citosol, ATP, ciclo de Krebs, β-oxidación, nucleótidos, glúcidos, endomembranas, retículo endoplasmático, vesículas, dictiosomas, ribosomas, proteínas, transporte, glucosidación, secreción, lisosomas, peroxisomas, mitocondrias, crestas mitocondriales, aparato de Golgi, principios inmediatos, ácidos grasos, complejidad, procesos metabólicos.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, aminoácidos, membranas, endomembranas, eucariotas, citoesqueleto, cromosomas, transporte, organismo, transcripción, núcleo, cromatina, metabolismo, glúcidos, diversidad, agua, enzimas, reacciones, célula, holoproteínas, holoenzimas, cofactor, coenzimas, apoenzima, energía, catálisis, vida, inmunidad, linfocitos, antígenos, sistema inmunitario, respuesta inmune, anticuerpos, respuesta celular, información, ADN, ARN, genes, nucleótidos, síntesis de proteínas, procariotas, ARN mensajero, ribosomas, traducción, codón, código genético, ARN transferente, anticodones, combustión, vacunas, sueros, inhibidor, digestión.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Célula, proteínas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, eucariota, procariota, membrana plasmática, citoplasma, núcleo, pared celular, metabolismo, catabolismo, anabolismo, energía.
ex. AN. 12/5/97	Fenotipo, genotipo, mutaciones, nucleótido, cromosomas, euploidía, aneuploidía, herencia, sobrecruzamiento, meiosis, profase, recombinación, reproducción, seres vivos, relación, nutrición, perpetuación, gametos, organismo, variabilidad, mitosis, bipartición, reproducción sexual, cigoto, sexo, DNA, información, síntesis proteica, cromatina, ARN, ácidos nucleicos, célula, vida, ribosomas, mitocondrias, genes, ARN mensajero, núcleo, traducción, aminoácidos, proteína, coenzimas, retrocruzamiento, duplicación, interfase, membrana nuclear, huso, nucleolo, paquitenio, función vital, materia, agua, información genética, ciclo biológico, ATP.
Símil de la fábrica 12/5/97	Célula, membrana, mitocondria, núcleo, energía, vacuolas, lisosomas, ARN mensajero, síntesis proteica, retículo endoplasmático.
Dibujo estruc/funcion 16/5/97	ADN, ARN, procariota, ribosomas, luz, M.I., M.O., cloroplasto, fotosíntesis, lisosomas, núcleo, mitosis, meiosis, cromosomas, cromatina, vacuolas, reserva, aparato de Golgi, membrana, eucariota, ATP, pared bacteriana, protección, sostén, membrana nuclear, citoplasma, metabolismo, pared celular, mitocondrias, nucleolo, retículo endoplasmático, transporte, vegetal, animal, orgánulos, partículas F ₁ , matriz, nucleótido, membrana interna, membrana externa, intercambio, relación, ARN transferente, aminoácidos, ARN mensajero, proteína, liberación, sustancia, carrier.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Célula, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN, ARN, procariota, eucariota, animal, vegetal, pared celular, membrana, citoplasma, núcleo, hialoplasma, orgánulos, nucleolo, membrana nuclear, mitocondrias, ribosomas, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, metabolismo, división celular, interfase, catabolismo, anabolismo, mitosis, meiosis, β-oxidación, glucólisis, respiración celular, fermentaciones, síntesis proteica, fotosíntesis, cromosomas, genética, ser vivo, nutrición, relación, reproducción, energía, materia, información.
Cuestionario final 28/5/97	Vida, célula, procariota, núcleo, endomembranas, eucariotas, orgánulos, ADN, pared bacteriana, citoplasma, vacuola, ribosoma, membrana, membrana nuclear, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, nucleolo, nucleoplasma, cromatina, ser vivo, nutrientes, metabolismo, información, cromosoma, relación, materia, ARN transferente, proteínas, energía, lípidos, agua, sales, combustible, ATP, nucleótidos, coenzimas, enzimas, medio.
Entrevista. 12/6/97	Células, vida, ser vivo, reacciones, entropía, diversidad, funciones vitales, complejidad, reproducción, energía, materia, transformación, nutriente, información, membrana, perpetuación, ósmosis, degradación, síntesis, metabolitos, nutrición, glúcidos, proteína, lípido, ATP, nucleótidos, orgánulos, endomembranas, glucólisis, respiración, fermentaciones, ciclo de Krebs, hialoplasma, meiosis, sobrecruzamientos, cromosomas, ciclo celular, mitosis, diploides, haploides, gametos, fotosíntesis, vesículas, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, retículo endoplasmático, núcleo, nucleoplasma, cromatina, nucleolo, transporte, β-oxidación, aminoácidos, síntesis proteica, ADN, ARN mensajero, ribosoma, código genético, anticodón, codón, enzimas, metabolismo, fecundación.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Membrana, citoplasma, núcleo, orgánulos, mitocondria, retículo endoplasmático, ribosomas, vacuolas, lisosomas, membrana nuclear, nucleolo, centriolo, aparato de Golgi.	Orgánulos, membrana.	Cloroplastos, membrana, grana, orgánulos, hialoplasma, citoplasma.	Pared celular, membrana plasmática, núcleo, citoplasma, orgánulos, matriz mitocondrial, citosol, endomembranas, retículo endoplasmático, vesículas, dictiosomas, ribosomas, vacuolas, lisosomas.	Membrana, citoplasma, núcleo, pared celular, orgánulos, matriz mitocondrial, citosol, endomembranas, retículo endoplasmático, vesículas, ribosomas, lisosomas, peroxisomas, mitocondrias, crestas mitocondriales, aparato de Golgi.	Membranas, endomembranas, citoesqueleto, cromosomas, núcleo, ribosomas.	Membrana plasmática, citoplasma, núcleo, pared celular.	Cromosomas, ribosomas, mitocondrias, núcleo, membrana nuclear, huso, nucleolo.	Membrana, mitocondria, núcleo, vacuolas, lisosomas, retículo endoplasmático.	Ribosomas, cloroplasto, lisosomas, núcleo, cromosomas, vacuolas, aparato de Golgi, membrana, pared bacteriana, membrana nuclear, membrana nuclear, citoplasma, pared celular, mitocondrias, nucleolo, retículo endoplasmático, orgánulos, partículas F ₁ , matriz, membrana interna, membrana externa.	Pared celular, membrana, citoplasma, núcleo, hialoplasma, orgánulos, nucleolo, membrana nuclear, mitocondrias, ribosomas, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, cromosomas.	Núcleo, endomembranas, orgánulos, pared bacteriana, citoplasma, vacuola, ribosoma, membrana nuclear, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, nucleolo, nucleoplasma, cromosoma.	Membrana, orgánulos, endomembranas, hialoplasma, cromosomas, vesículas, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, retículo endoplasmático, núcleo, nucleoplasma, nucleolo, ribosoma.	AG7,centriol o1,ctq1,ctpl8, ctsl1,clpt5,cr mit1,crma6,d ictiosoma1,gr ana1,hlp13,lis s6,matrizmit1 ,mmbr13,mm brnucl5,mmbr rplasm2,mitc 8,núcl11,nucl o6,nucleoplas ma2,org9,par edcel5,peroxi soma1,RE8,R ER1,rib9,ves c2.
Moléculas	Nutrientes, ATP, cromatina, ADN, ARN mensajero, lípidos, hidratos de carbono, proteínas.	Agua, enzima, aminoácidos, ácidos nucleicos, sales minerales, ATP.	Glúcido, metabolitos, enzima, nutrientes, combustible, principios inmediatos, ATP, monosacáridos.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos.	Lípidos, enzimas, ATP, nucleótidos, glúcidos, proteínas, principios inmediatos, ácidos grasos.	Proteínas, aminoácidos, cromatina, glúcidos, agua, enzimas, holoproteínas, holoenzimas, cofactor, coenzimas, apoenzima, ADN, ARN, genes, nucleótidos, ARN mensajero, codón, ARN transferente, anticodones, inhibidor.	Proteínas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos.	Nucleótido, DNA, cromatina, ARN, ácidos nucleicos, genes, ARN mensajero, aminoácidos, proteína, coenzimas, agua, ATP.	ARN mensajero.	ADN, ARN, cromatina, ATP, nucleótido, ARN transferente, aminoácidos, ARN mensajero, proteína, carrier.	Agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN, ARN.	ADN, cromatina, nutrientes, ARN transferente, proteínas, lípidos, agua, sales, combustible, ATP, nucleótidos, coenzimas, enzimas.	Nutrientes, metabolitos, glúcidos, proteína, lípido, ATP, nucleótidos, cromatina, aminoácidos, ADN, ARN mensajero, anticodón, codón, enzimas.	Acgr1,AN5, ADN6,agua5, aa5,apoenz1, ARN8,ARN m6,ARNt3,A TP8,codon1,c oenz3,cofacto r1,cromat6,en z7,gen2,glúc 7,holoprot1,i nhibidor1,líp 7,monosac1,n ucelótido6,nu triente4,PI2,p rot10,sm2.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
PROCES. Mtbs.	Fotosíntesis, respiración celular, fermentación, síntesis de proteínas.	Metabolismo.	Catabolismo, anabolismo, exergónico, endergónico, fotosíntesis, fermentación, respiración celular, glucólisis, descarboxilación oxidativa, heterótrofo, glucólisis, anaerobios, aerobios, reacciones metabólicas.	Heterótrofa, autótrofa, reserva, fotosíntesis, respiración celular, glucólisis, descarboxilación oxidativa, ciclo de Krebs, fosforilación, fermentaciones.	Ciclo de Krebs, β -oxidación, glucosidación, secreción, procesos metabólicos.	Transcripción, metabolismo, catálisis, síntesis de proteínas, traducción, combustión, digestión.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo.	Síntesis proteica, traducción, duplicación.	Síntesis proteica.	Fotosíntesis, reserva, metabolismo.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, β -oxidación, glucólisis, respiración celular, fermentaciones, síntesis proteica, fotosíntesis.	Metabolismo.	Degradación, síntesis, glucólisis, respiración, fermentaciones, ciclo de Krebs, fotosíntesis, β -oxidación, metabolismo.	Anb3, anaerb1, autóf1, \hat{a} -ox3, cat3, catálisis1, cKrebs3, descarboxilación1, digest1, duplicac1, fermet5, ftst6, glucólisis4, glucosidación1, heteróf1, mtb7, reacmtbs1, resp5, respcel4, secred1, síntesis9, sprot5, traduc2, transcrip1.
Otros	Reproducción, mitosis, bipartición, gemación, esporulación, nutrición, relación, intercambio.	Transporte, transmisión, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, ósmosis, turgencia.	Funciones vitales, transporte.	Intercambio, transporte.	Transporte.	Transporte.	-	Mutaciones, euploidía, aneuploidía, sobrecruzamiento, meiosis, profase, recombinación, reproducción, relación, nutrición, perpetuación, variabilidad, mitosis, bipartición, reproducción sexual, paquiteno, función vital, ciclo biológico.	-	Mitosis, meiosis, transporte, intercambio, relación, liberación.	Mitosis, meiosis, nutrición, relación, reproducción.	Relación.	Funciones vitales, reproducción, perpetuación, ósmosis, nutrición, meiosis, sobrecruzamientos, ciclo celular, mitosis, diploides, haploides, transporte. Fecundación.	Aneuploidía1, diploide1, euploidía1, funciones3, FV3, haploides1, meiosis4, mitosis5, mut1, nut5, ósmosis2, prof1, rel6, rep5, rsex1, sobrecru2, tarsnporte7, turgencia1.
CONCEPTOS GRALES:	Seres vivos, células, vegetal, animal, materia, energía, herencia, información genética, entropía, reacciones, información.	Célula, reacciones, energía, vegetal, vida, seres vivos, herencia, entropía, complejidad, materia, información, procariota, animal,	Reacciones, seres vivos, materia, energía, células, eucariotas, animales, vegetales, sostén, material hereditario.	Energía, célula, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, sostén, material hereditario.	Seres vivos, vida, organismos, célula, energía, entropía, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, reacciones, complejidad.	Eucariotas, organismo, diversidad, reacciones, célula, energía, vida, información, procariotas.	Célula, procariota, eucariota, energía.	Herencia, seres vivos, organismo, información, célula, vida, materia, información genética.	Célula, energía.	Procariota, eucariota, protección, sostén, vegetal, animal, sustancia.	Célula, procariota, eucariota, animal, vegetal, ser vivo, energía, materia, información.	Vida, célula, procariota, eucariotas, ser vivo, información, materia, energía, medio.	Células, vida, ser vivo, reacciones, entropía, diversidad, complejidad, energía, materia, transformación, información.	Ani7, célula1, energía1, entropía4, euct9, genética2, herencia2, información7, infgen2, materia8, medio2, organismo4, procart8, reac6, svv8, transformación1, vgt7, vida6.

Modelos mentales de la estructura y del funcionamiento de la célula

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
		medio.												
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	-	Inmunidad, linfocitos, antígenos, sistema inmunitario, respuesta inmune, anticuerpos, respuesta celular, código genético, vacunas, sueros.	-	Fenotipo, genotipo, gametos, zigoto, sexo, retrocruzamie nto, interfase.	-	Luz	Interfase	-	Gametos, código genético.	Anticuerpo1, antígeno1,có dgen2,fenotip o1,gameto2,g enotipo1,inm unidad1,inter fase2,linfocit o1,respuesta1 ,respuesta1 celular1,respues ta1,inmune1,se xo1,sistinmu n1,suero1,vac una1,zigoto1.
MODELO	C	C	C	B	C	C	C	D	D	D	C	D	D	D

Alejandro comienza el curso operando con un modelo bastante completo y compacto en lo que se refiere a estructura y a orgánulos celulares y flojo/débil en lo relativo al funcionamiento de la célula; este joven lleva a cabo una organización autónoma de la información, desde octubre, con establecimiento de deducciones e inferencias elaboradas. No se detectan en estos primeros momentos muchas analogías, aunque sí algunas, y el uso de imágenes es limitado, pero es capaz, como decíamos, de establecer inferencias razonando válidamente en el ámbito biológico. No opera sólo con proposiciones aisladas sino que hay relaciones coherentes entre ellas articulando un discurso organizado y bien hilvanado en el que aplica los diferentes conceptos con soltura. No parece haber una integración consistente en estos primeros momentos del año escolar entre estructura y función pero tampoco es del todo ausente. Hace conexiones entre distintos elementos pertenecientes a lo que hemos caracterizado como los tres conjuntos (estructuras celulares, composición y estructura de las mismas, relaciones e interacciones entre ellas -procesos). A lo largo del curso va integrando la nueva información, el nuevo contenido, estableciendo mayores y mejores conexiones entre los distintos conceptos que dan explicación a la estructura y al funcionamiento de la célula. Al final del mismo opera con un único modelo para ambos aspectos; ese modelo lo plasma en una imagen dinámica que tiene muchos más elementos tanto estructurales como funcionales, que al principio de curso. Establece relaciones estructura/función dentro del mismo modelo; de hecho, se observan conexiones que son causales entre elementos trabajados en diferentes momentos y contextos y lo hace, también, en diferentes situaciones y contextos, lo que se interpreta como la construcción de un modelo complejo en el que pone en juego y recupera los elementos que le son necesarios, independientemente de las condiciones en las que los aprendió. Desarrolla a lo largo del curso una progresiva diferenciación ya que integra los procesos metabólicos, por ejemplo, de manera significativa, asignándole significado biológico científicamente coherente, y eso lo hace reconciliando esta nueva información para él con lo que ya posee desde el principio de curso, centrada en estructuras celulares. Su enriquecimiento conceptual es evidente si atendemos a la evolución que han seguido esos conceptos a lo largo del curso académico. De este modo, como se comentaba, adquiere la capacidad de recuperar la información adecuada en el momento adecuado, independientemente del contexto y de la demanda, y esto lo hace con fluidez y naturalidad. En lenguaje de Johnson-Laird, Alejandro lleva a cabo una revisión recursiva y podríamos entender que desarrolla esa revisión recursiva de modelos dentro de modelos si aceptamos que para cada unidad de trabajo de la asignatura (referida a cada uno de los principios inmediatos orgánicos) ha construido un modelo. De este modo, este estudiante dispone de una representación eficaz que le permite, por esa misma revisión recursiva, incorporar un mayor número de elementos a cada uno de aquellos tres conjuntos de los que ya hemos hablado y, en esa misma medida, establecer más y mejores deducciones e inferencias, plantear más analogías, determinar más relaciones causa/efecto y plasmar esa representación en una imagen dinámica, como hemos dicho, o, para ser más rigurosos, en varias imágenes que también maneja de manera recursiva.

Veamos los datos en los que se apoyan las afirmaciones anteriores. En el cuestionario inicial (18-10-96), a la pregunta:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

Alejandro responde del siguiente modo:

“Como una figura geométrica irregular (casi siempre se aproxima a un círculo deformado, con salientes, ...) cerrada. La dibujaría



representando la idea de célula, con membrana¹, citoplasma² y núcleo³. Si fuera vegetal (ésta anterior era animal) la dibujaría en forma hexagonal:



Luego hay muchos tipos de células distintas, cada una con una forma aproximada vista a microscopía. Hay muchas. Un ejemplo es el espermatozoide:

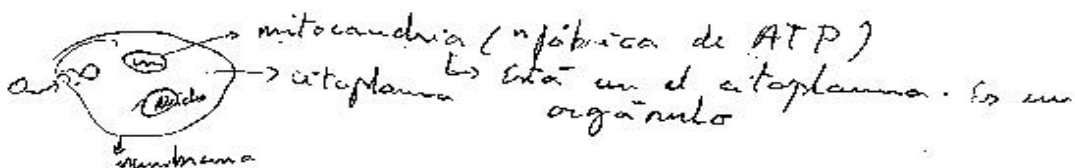


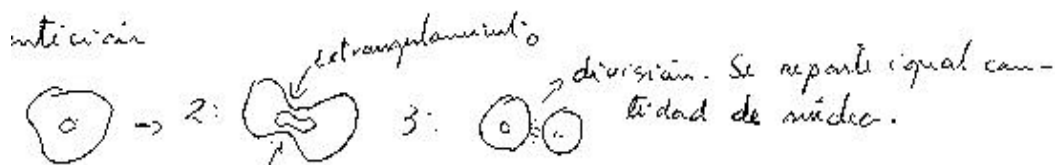
(Se sale un poco de la “forma habitual”).

Obsérvese que sólo hace referencia a estructura, “su” célula no es más que eso, pero hay muchas distintas, él conoce gran diversidad celular. ¿Intuye algo Alejandro sobre el comportamiento de estos tipos diferentes? ¿Relaciona esos distintos tipos con diferentes comportamientos? En el mismo cuestionario y cuando se pregunta:

- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
 - “la unidad mínima de los seres vivos estructurada y organizada.
 - obtiene energía y materia orgánica por una serie de procesos químicos a partir de nutrientes.
 - se compone de membrana, citoplasma (donde están los orgánulos) y núcleo (donde está la información genética)”
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
 - “obtiene energía y materia orgánica e inorgánica por medio de procesos químicos en el citoplasma, yendo así a favor de la entropía del mundo (degradando).
 - se reproduce gracias a la información genética que hay en el núcleo que le permite copiarse.
 - se relaciona con el medio externo por la membrana citoplasmática”.

Estas frases no son habituales en los libros de texto para definir célula ni tampoco son producto de repetición mecánica de información trabajada en clase; responden a una elaboración personal del contenido llevada a cabo por este estudiante. Cuando habla del comportamiento celular, destina una frase a cada función vital y con una concisión extrema combina equilibradamente ese funcionamiento con las estructuras en las que se lleva a cabo, recurriendo a algunos de los orgánulos en los que esa forma de actuar se desarrolla. En el mismo cuestionario ya comentado se observan las dificultades que muestra para plasmar el funcionamiento celular en un dibujo; básicamente responde con texto -articulado como frases sueltas- y hace unos dibujos extraordinariamente simples de una célula y de la división celular.





Como se observa en el primer dibujo, establece una analogía entre la mitocondria y una fábrica. Ante la pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

su respuesta también es personal y se detecta en ella que se centra más en una forma de “actuar” que de “ser”, lo que contrasta con lo que nos contestó al expresar cómo la representaría.

“Tener materia que la componga y realizar las funciones de nutrición, relación y reproducción, además tiene que ir a favor de la entropía (la aumenta en el medio) del medio, disminuyendo la suya.

Para funcionar, tiene que tener orgánulos, que hagan funciones de órganos en los seres vivos”.

La célula, en este momento, para Alejandro es un conjunto de orgánulos que hacen cosas como los órganos en los seres vivos, estructuras que actúan. Cuando se le pregunta en el mismo cuestionario cómo cree que puede ser el funcionamiento de esa célula, nos encontramos con lo siguiente:

“La célula consigue nutrientes por el plasma sanguíneo, y los lleva al citoplasma por medio de la membrana citoplasmática. En los orgánulos del citoplasma con los reactivos en reacciones dirigidas a la obtención de energía (ATP) y materia. Hay varias formas: fotosíntesis, respiración celular, fermentación. Los desechos se expulsan (CO₂) y salen fuera por la membrana. Todo el proceso lo dirige el ADN desde el núcleo. Contiene la información que envía por medio del ARN mensajero sobre diferentes procesos en la célula (síntesis de proteínas, ...). En los lípidos se almacena energía, que consigue de los hidratos de carbono (y otros) como la glucosa: fuente energética principal.

Hay células con funciones específicas: musculares, nerviosas, Eso lleva a tener forma y características distintas.

Cuando hay células agrupadas en tejidos, se realiza una función común concreta (no sé cómo).

La reproducción celular, en la mitosis, también lo controla el ADN.

Yo diría que el funcionamiento de las células lo fija la información que hay en el ADN. Es el <<jefe de producciones>>”.

En el examen de Origen de la Vida (18-11-96) se observa en la respuesta de este estudiante a la explicación de la célula un uso de la información que muestra organización autónoma de la misma en un discurso coherente y articulado (si bien confunde progenitor/descendiente):

Según la moderna teoría celular, es la unidad vital -el ser vivo más pequeño y sencillo- fisiológica -posee los mecanismos biológicos para permanecer con vida -morfológica - todos los seres vivos se componen por células- y genética -posee los mecanismos de transmisión de herencia a los progenitores, y todas las células proceden de otras ya preexistentes-. Una célula tiende a disminuir su entropía y aumentar y mantener el grado de complejidad que ha alcanzado. Realiza además las funciones vitales en las que obtiene

materia y energía del medio para evitar la degradación local, renovar su composición química, aumentar su complejidad, etc (NUTRICIÓN); obtiene información del medio que le ayuda a sobrevivir (RELACIÓN) y tiene mecanismos de transmisión de herencia a los progenitores (REPRODUCCIÓN =encaminada a perpetuar la especie). Tipos de célula: procariota, eucariota -animal, vegetal-.

“Su” célula en este momento es una célula en acción, una “cosa” que tiene una serie de elementos que se renuevan, que hacen procesos; su modelo de célula es único, integrado, causal ya que sus elementos interaccionan mucho más que en su representación anterior. Con un modelo como éste, Alejandro no sólo adquiere capacidad explicativa sino que también desarrolla poder predictivo y un ejemplo lo tenemos en este mismo ejercicio en su forma de resolver la siguiente cuestión:

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchon y arrugan.
- ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
- Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“Al ser turgentes, las medusas absorben agua por ósmosis del medio externo, que ha de ser hipotónico en relación a ella, para que el agua pasa(e) a través de su membrana al interior de la misma. Al morir, cesa la actividad interna de la medusa, que es elevada, y como consecuencia, pierde el agua. El agua se encuentra en los seres vivos en función a (de) la especie, edad, partes esqueléticas y ACTIVIDAD BIOLÓGICA. En la medusa, de un 90% de agua en su composición (que explicaría también la turgencia además de la osmosis), al morir, ésta cesa completamente, y el agua sale de ella, ya que se arruga. Su concentración interna ha de ser hipotónica en relación al medio para que salga el agua por ósmosis. Esto puede ocurrir por el cese de la actividad biológica, y la inminente degradación de la medusa por pérdida de agua, su elemento constituyente fundamental.

Mi hipótesis: La medusa es turgente por su elevada actividad biológica, que la lleva a tener un 90% de agua y debido a la entrada de agua a través de la membrana (que ha de ser semipermeable) del medio externo hipotónico en relación a su concentración. Al morir, la medusa se degrada y cesa su actividad biológica, y en consecuencia, la medusa pierde el agua (podría ser otra explicación, además de que sea hipotónica la medusa en relación al medio); por consiguiente, ésta se arruga y deshinchon.

Para comprobar la ósmosis, analizamos la membrana para ver si es semipermeable o no (cosa que daría explicación al fenómeno); y en el momento de la muerte, mediante métodos químicos, estudiaría la naturaleza química de la célula al cesar su actividad biológica; y también cuando sigue con vida. Un experimento más fácil sería preparar una disolución de elevada concentración e introducir la medusa en ella. Si se arruga, entonces habría ósmosis (saldría agua de la medusa)”.

En el examen destinado a los Glúcidos (9-12-96) nos encontramos otra vez con la misma forma de manejar la información y de comunicarla que en el ejercicio anterior; usa frases muy personales bien articuladas en un discurso de calidad más que aceptable, organizando autónomamente el contenido que selecciona. De este modo, se desprende de su producto que ha desarrollado una alta capacidad explicativa como consecuencia del modelo mental que ha construido como sustrato o fondo de la misma, una representación que lo dota de comprensión sobre la entidad que pretende aprehender, el mundo-célula del que su modelo como intermediario le permite explicar en los siguientes términos:

- ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.

“Las células eucariotas, tanto animales como vegetales, por el mero hecho de serlas (lo) han de realizar la respiración celular veinticuatro horas al día para mantener y aumentar el grado de complejidad que ha(n) alcanzado, renovarse químicamente y evitar la degradación local. La comparación entre ambas células está mal hecha. La respiración es catabólica, y la fotosíntesis anabólica. En catabolismo, no hay diferencias entre las células, pero sí en anabolismo. Las vegetales usan metabolitos inorgánicos para sintetizar su propia materia (autótrofo), y las animales parten de moléculas ya complejas.

En conclusión, no se puede afirmar lo que dice la frase”.

- ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos? Razona la respuesta.

“No; la célula necesita el aporte glucídico para realizar sus funciones vitales con la energía que extrae de degradar sus enlaces, tales como construir materia propia, evitar degradarse, Además ciertas estructuras relacionadas con el movimiento, crecimiento, funciones específicas (orgánulos) tienen los glúcidos como componentes estructurales y no pueden prescindir de ellos. Para mí, personalmente, son esenciales. Sin ellos no "viviríamos"”.

Alejandro muestra en este momento una evolución en su representación pues, si bien hay dos partes delimitadas en este último apartado, considera tanto la estructura como el funcionamiento de una célula.

Como se recordará, todos los exámenes han incluido preguntas relacionadas con procedimientos (en términos de categoría -tipo- de contenido). En el mismo examen de glúcidos se incluyó:

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto?

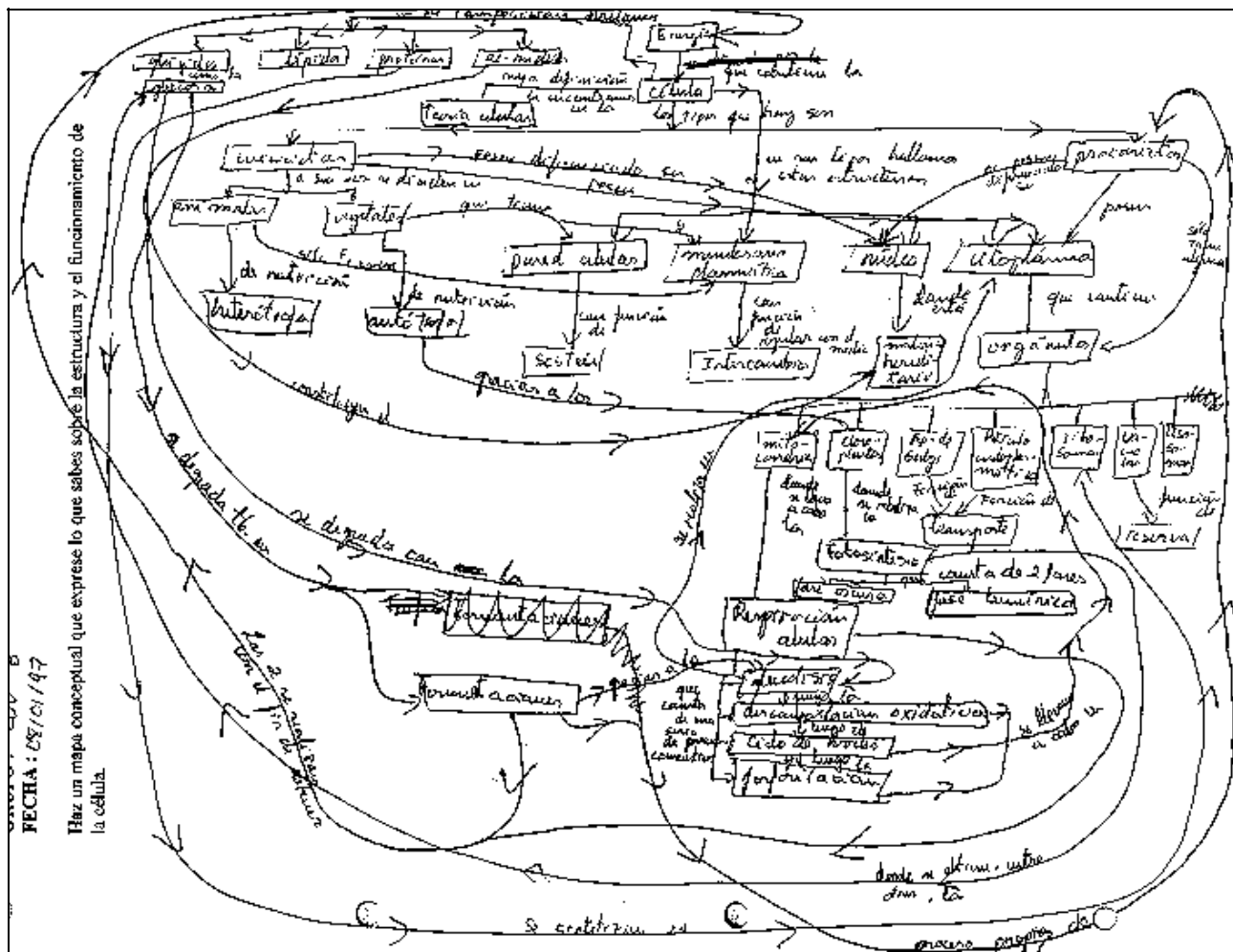
La respuesta de Alejandro es como sigue:

“En la fase de ovulación se da mayor apetencia a (por) las sustancias dulces (monosacáridos, ciertos disacáridos, ...) tal vez por un cambio en su organismo que requiere el aporte de estas sustancias. También las embarazadas tienen "antojos" y puede ser por un cambio químico que es necesidad para ajustar los mismos. -Mi hipótesis: la ovulación supone un gasto de energía enorme (transporte y expulsión del óvulo) y las reservas se gastan. El organismo crea en el subconsciente un estímulo de apetencia para reponer el gasto lo antes posible y lo mejor posible (glúcidos energéticos por excelencia)”.

El extracto anterior nos muestra inferencias y deducciones en las que se aplican los contenidos trabajados de forma fluida con un discurso coherente y articulado y con una organización autónoma de la información, como ya se había comentado. De lo expuesto se infiere que ese modelo mental que ha ejecutado este alumno no sólo lo dota de poder explicativo, como ya se mostró, sino también de poder predictivo en la medida en que puede anticipar y razonar con lógica biológica.

Su primer mapa conceptual para plasmar su conocimiento sobre la estructura y el funcionamiento celular (8-1-97) muestra abundantes relaciones cruzadas pero muy poca claridad. Maneja al mismo tiempo estructuras y funciones y las conecta con dichas relaciones cruzadas, pero se delimitan unas y otras en niveles distintos. Ello conduce a considerar que detrás de este producto quizás Alejandro haya ejecutado un modelo dual

que, como se recordará, atiende por un lado a estructuras y por otro a funciones y, de hecho, con tanta conexión y tanto concepto seleccionado, su jerarquización es débil. Por otro lado, hemos de considerar que efectivamente conecta muchas cosas (estructuras y procesos), lo que no podría hacerse si no se tiene una representación de conjunto de aquello que se “modela”, si no hay cierta causalidad y, si nos fijamos en la explicación que hace de su mapa, observamos indicios de que en su modelo esas conexiones existen. Se presentan ambos registros como soporte de estas deducciones e interpretaciones.



“Lo más importante es la energía. Ella permite la reacción para la formación de los principios inmediatos orgánicos, y con ellos, la célula. La jerarquización la he seguido luego por lo que creía lógico y más aceptable. Me falta espacio para establecer más relaciones cruzadas y mejores, pero las que están, creo que son las principales.

(No está muy limpio, lo siento) (Si sigues las flechas, no te pierdes) ¡creo!

La célula la dividí en sus tipos, y establecí relaciones entre las estructuras que componen a cada una. He considerado algunas funciones más altas que otras porque creo que son más importantes, y necesarias para realizar las demás. La jerarquización de los procesos que lleva a cabo la célula es atendiendo, no al orden en el tiempo siempre, sino a relación reactivo-producto y dónde los usamos, cómo y para qué”.

En el examen de Lípidos (826-2-97) Alejandro explica el concepto célula en los siguientes términos:

“Es, según la moderna teoría celular, la unidad anatómica, fisiológica, estructural y genética de todos los seres vivos. Es un organismo vivo; no por menos, se la considera en

el primer nivel de organización biótico. Es la unidad estructural porque a partir de ella se edifican niveles de organización con complejidad creciente; anatómica, ya que realiza una serie de procesos metabólicos que le permiten permanecer con vida; fisiológica, porque estos procesos se relacionan con los organismos de los que entra a formar parte; y genética (la más importante si cabe) ya que contiene un material genético que pasa a sus hijos con sus caracteres hereditarios.

Por ser un “ser vivo”, la célula tiene la capacidad de disminuir localmente la entropía, tomando energía de alta calidad del medio y devolviéndola de baja calidad. La usa para mantener y renovar sus estructuras, renovar su composición química,

Distinguimos dos tipos de células: Eucariotas y Procariotas. Fundamentalmente se componen de membrana, citoplasma y núcleo. Las eucariotas se dividen en animales y vegetales. Éstas últimas, con algunas procariotas, poseen una pared celular de celulosa. Las procariotas además no poseen diferenciado el núcleo por una membrana, cosa que las eucariotas sí tienen. En el citoplasma (con un estado de sol y de gel) se hallan bien diferenciados los orgánulos en las eucariotas, y no tanto en las procariotas”.

¿Podría afirmarse ante esto que este estudiante comprende la entidad celular? La respuesta evidente es “sí”. Alejandro ha rotado un modelo mental de célula que le permite explicar con tanta fluidez como la expuesta, un modelo que incorpora elementos, “tokens”, estructurales y funcionales y que los integra a la perfección; Alejandro ha modelado una célula en acción en su mente y eso lo ha dotado de la capacidad explicativa que comunica y exterioriza en la respuesta anterior. Pero eso no es todo; Alejandro también y como producto y consecuencia del mismo modelo global que ejecutó ante este examen, desarrolló poder predictivo, siendo capaz de razonar y deducir coherentemente desde la perspectiva biológica (si bien hemos de advertir que cuando se refiere a los liposomas, escribe “lisosomas”). Veamos un ejemplo.

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

a) *“Las propiedades de los lípidos sí se relacionan con este hecho del “antienvjecimiento de la piel”. Los mismos liposomas son vesículas de fosfolípidos rodeados por una sola membrana que contiene en su interior material cosmético y medicinal, que introducen en la célula a través de la membrana, por su composición, para rejuvenecerla. Una de las propiedades de los lípidos es que poseían un cierto carácter plástico, que les permitía el depósito. Las ceramidas son lípidos también, y resultan de la unión entre la esfingosina y una molécula de ácido graso. Pero son eso lípidos. Creo que su carácter plástico les permite aportar elasticidad a la piel y por eso se ponen con efecto cosmético.*

HIPÓTESIS: El carácter plástico de los lípidos les permite aportar elasticidad a la piel, y por lo tanto, dar aspecto de rejuvenecerla.

Mi opinión: (Personalmente sí creo que los lípidos sean esenciales, no ya sólo en la “belleza exterior”, sino en todo el entramado de reacciones metabólicas que nos permiten ser lo que somos, degradadores “por naturaleza”. Creo que su importancia va más allá de la puramente cosmética, así como todos los principios inmediatos orgánicos).

- b) *Para comprobar mi hipótesis haría estas actividades:*
- *tratar dos pieles semejantes (mujeres de 45/50 años) una con liposomas y ceramidas y otra sólo con liposomas, para ver si la cantidad y la calidad van relacionadas, y si hay una mejora en las arrugas de la piel.*
 - *Estudio de dos personas: un anciano regordete (de los cachetes rojos) y otro de la misma edad más delgado. Posiblemente, la abundancia de lípidos en el gordo hará que*

su piel sea más lisa, y en el delgado, con más arrugas. Con esto trato de ver la relación lípidos « elasticidad de la piel.

- *Análisis químico de los componentes de los liposomas y ceramidas, para así conocer las propiedades que les confiere(n) su estructura (o lo que pueda).*
- *La actividad que parece más lógica: tratar dos caras semejantes, una con cosméticos y otro(a) sin nada. La posible mejoría de las arrugas en el tratado con cosméticos establecería la buscada relación lípido « elasticidad”.*

El examen de Proteínas (14-3-97) que hace Alejandro es un claro ejemplo de elaboración personal en el que usa un discurso fluido articulado en torno a párrafos largos coherentes en los que aplica con naturalidad y de manera cómoda los distintos conceptos y en el que muestra una organización autónoma de la información; todo ello le permite establecer deducciones e inferencias que son realmente elaboradas. Un ejemplo es la respuesta a la pregunta planteada al hilo de la siguiente pregunta:

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 ° ; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.

Las células, esos minúsculos seres vivos, siempre tienen una carta bajo el brazo. Las elevadas temperaturas provocan alteraciones en su funcionamiento (cuando hay fiebre, por otro lado, es una señal de que algo no va bien), y si son muy altas, una combustión completa. La disminución de la temperatura en las reacciones se produce gracias a la acción enzimática. La temperatura elevada para iniciar la reacción de combustión de la glucosa es debida a que necesita mucha energía de activación y la obtiene de ella así: al estar a una temperatura muy alta, las moléculas vibran más y aumentan considerablemente la energía cinética (Eso es lo que buscan). Los enzimas disminuyen esta energía de activación con una unión específica, en este caso, con la glucosa. Así, necesitan menos energía para llegar al complejo activado, por lo que la temperatura de la reacción disminuye. (¿Es o no lista la célula?). Si no fuera por eso ¿qué sería de nosotros?. Bueno, eso es lo que creo.

Mi hipótesis: Una enzima específica se une con la glucosa, por lo que disminuye la energía de activación necesaria para la iniciación de la combustión de la misma. Como resultado de la misma, la temperatura a la que se realiza la reacción podrá disminuir. (Espero que no sea muy larga, pero creo que en ella se condensa mi idea).

Actividades de comprobación: primeramente, realizaría un estudio a la geometría de la molécula de glucosa, para comprobar si podrá acoplarse exactamente a la disposición del centro activo de la enzima; si veo que es complementaria a la de alguna enzima conocida, ya está dado el primer paso (Como ya sabemos, la unión E-S es específica, y sólo se da en moléculas con geometrías complementarias que permitan la unión entre los radicales de los aminoácidos de fijación y los de la molécula de sustrato; por lo tanto, lo que busco con esta primera experiencia es una necesidad capital: correspondencia).

La segunda experiencia iría encaminada (si se comprueba la primera mejor) al estudio de las energías de activación; es decir, una comprobación entre las energías necesarias para reacciones sin enzimas, y las que se ayudan de enzimas. Para ello, tendría en cuenta la ecuación $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$, que relaciona una serie de factores que busco relacionar en mi estudio. En un meto(do) químico; necesitaría un laboratorio”.

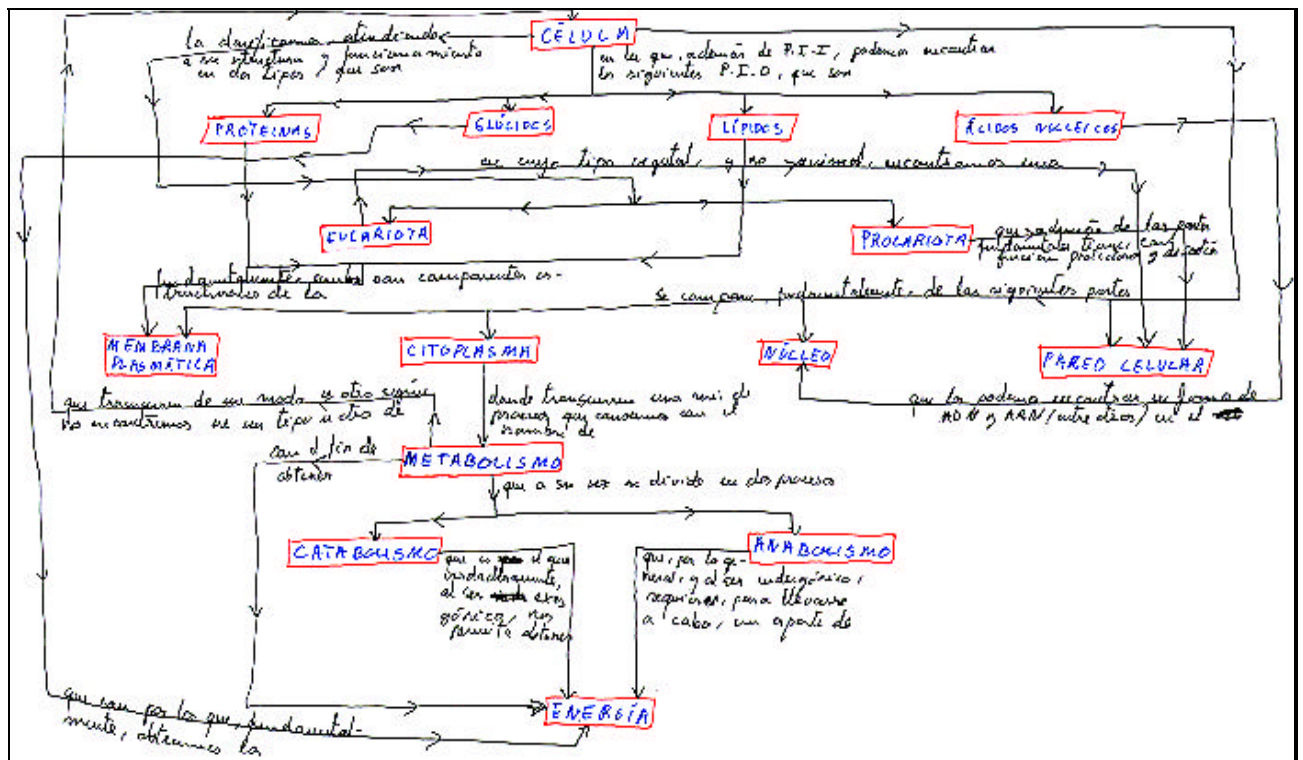
Y es que este joven ha entendido el papel de los enzimas en la célula, tanto funcional como estructuralmente, como muestra lo que responde a lo que sigue:

- ¿Qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas ?.

“Si no EXISTIERAN enzimas, en una palabra, moriríamos. Millares de reacciones metabólicas que necesitan la catálisis enzimática se verían ralentizadas o hasta detenidas, sin poderse llevar a cabo, ya que le hacen falta las enzimas. Por otro lado, no podríamos digerir los componentes orgánicos a sus monómeros (las reacciones de hidrólisis de enlaces éster, glucosídicos y peptídicos requiere(n) enzima) por lo que la primera fase de la digestión gástrica se vería anulada, y con ella nuestra posibilidad de obtener energía de los alimentos.

Fundamentalmente son las óxidoreductasas (catalizan reacciones de óxido-reducción encaminadas a la obtención de energía) las que más echaríamos de menos (sin menospreciar a las demás, doy este ejemplo porque es en el que se ve claramente la relación con el funcionamiento celular). En cuanto a las estructuras, además de relacionarse con el funcionamiento, se verían mermadas, ya que ciertas enzimas se encuentran formando parte de algunas estructuras membranosas intracelulares. En resumen: NO ENZIMAS @ NO VIDA”.

El segundo mapa conceptual individual que elabora este estudiante se muestra a continuación.



Como se recordará, se solicitó su realización sólo con quince conceptos. Muestra un alto grado de profundización con proposiciones coherentes y elaboradas y con relaciones cruzadas explicativas; con todo, lo más interesante de esta actividad como dato de la forma en que procesa Alejandro la información, no es tanto el mapa en sí como la explicación que hace del mismo que, si bien es larga, merece una lectura detenida pues muestra lo que ya habíamos comentado relativo a la incorporación del metabolismo a un modelo de célula que comenzó siendo básicamente estructural. El discurso seguido vuelve a ser un ejemplo de coherencia, aplicación, organización autónoma, significatividad y establecimiento de deducciones e inferencias.

Estos conceptos son para mí la clave de la verdad (aunque con cada uno de ellos podría hacer otro mapa, y de hecho, lo hice ya). Tuve que eliminar algunos que creía necesarios (si hubieran sido 18 conceptos hubiera incluido: fotosíntesis, respiración y fermentaciones, ya que son unos procesos que creo resumen bien lo que ocurre en la célula; pero al ser 15, puse sólo (me decidí) por anabolismo y catabolismo.

*El mapa lo "encabecé" con **célula**, el que es sin duda concepto clave de la Biología de COU, según mi opinión (y no es la única). Luego coloqué los P.I.O. que considero tan importantes ya que a partir de ellos (que por otro lado, pueden existir fuera de la célula) se "obtienen" los demás; o dicho de otro modo, son los cimientos a partir de los cuales se edifican las estructuras celulares.*

Ya que no todas las células son iguales, a continuación coloqué los tipos de células (las más importantes) y, a renglón seguido, las estructuras fundamentales, que relacioné con los tipos de célula. Por eso lo puse así.

Más abajo, por seguir una cierta jerarquía, coloqué al metabolismo y sus tipos (como es lógico, subordinados al tipo principal), que traté de conectar con el resto de conceptos con relaciones cruzadas (los puse debajo porque tenían lugar en una estructura). El hecho de que energía lo haya colocado ahí abajo es simplemente porque creo que (sé que habrá quien discrepe) que es un producto de todo el desarrollo que puse. Quiero decir que: gracias a los P.I.O. y la célula en general (estructura, mecanismos metabólicos, ...) es por lo que obtenemos la energía. Ella es capaz de obtenerla a partir de lo que va colocado antes del concepto de energía. Por eso lo puse ahí abajo (es la discusión de siempre del ATP, pero esto es lo que creo yo). (Estoy satisfecho con el mapa que me ha salido. Creo que engloba lo más importante).

El examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) vuelve a mostrarnos la misma forma de exteriorizar su conocimiento. Extraemos como dato relevante lo que hace Alejandro ante la pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos?. Razona la respuesta.

“Los ácidos nucleicos son fundamentales en la célula, ya que son macromoléculas informativas por excelencia; contienen la información necesaria para que la célula disponga de todo lo necesario para desarrollar su ciclo biológico con normalidad desde que nace hasta que muere, y no sólo contiene esa información, sino las instrucciones precisas para su lectura. Son de composición química menos variada que la de las proteínas, y son, no obstante, un componente universal de la vida, que encontramos en cromatina, cromosomas, ribosomas, mitocondrias, Sus funciones son capitales en la célula. En primer lugar, la autoduplicación de ADN en la fase S permite mantener constante la dotación genética a la hora de la división celular, y por otro lado, los genes (fragmentos de ADN) contienen la información necesaria para la síntesis proteica. La información, en primer lugar, tiene que ser transcrita de ellos a los ARN mensajeros, que la llevan del núcleo a los ribosomas, donde se lleva a cabo la traducción de la secuencia de bases del ARN mensajero a la secuencia de aminoácidos de una proteína. Es, por tanto, la síntesis proteica. A raíz de esto, ... ¿seríamos así sin ácidos nucleicos? No, ya que sus funciones determinan a la célula.

Por otra parte, son componentes de algunas disoluciones coloidales de la célula, y los nucleótidos que lo forman, pueden combinarse de maneras distintas para formar coenzimas (NAD, FAD) o nucleótidos difosfato (ADP) trifosfato (ATP) He ahí que indirectamente también sus monómeros son fundamentales, no sólo polinucleótidos en sí”.

Alejandro maneja con gran soltura en este examen una gran cantidad de conceptos biológicos y con ellos organiza sus ideas de la forma que se acaba de mostrar. Obsérvese que extrae de sus archivos contenidos e informaciones que trabajó en diferentes unidades didácticas y contextos y que, con ello, es capaz de hilvanar con extrema concisión y corrección un discurso que comunica su forma de ver y entender

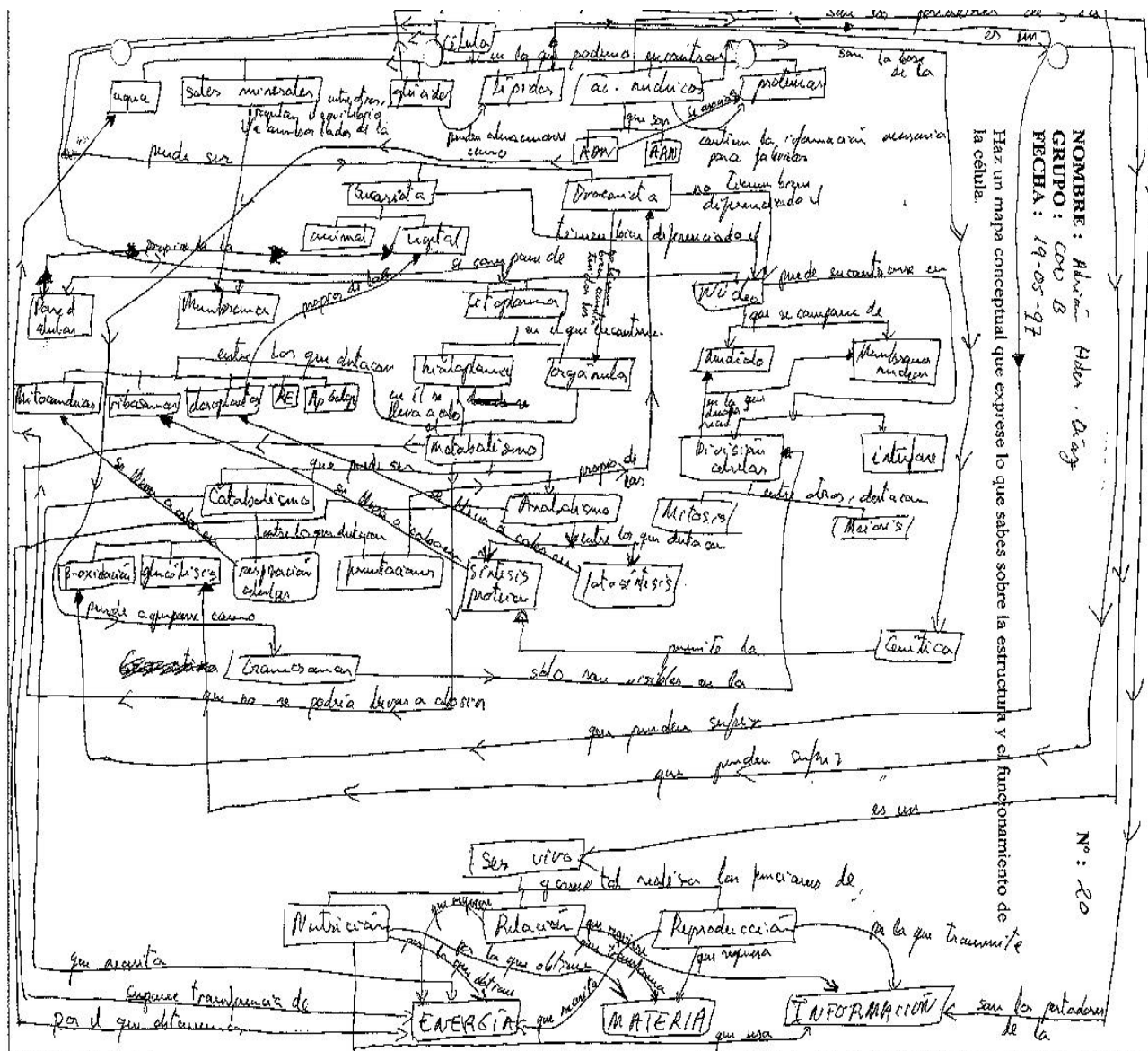
“la célula”, una célula que actúa en función del comportamiento de sus moléculas constituyentes. Ese mismo modelo global, íntegro, causal, que le permite responder como hemos visto en el registro anterior, es el que Alejandro pone en juego cuando se enfrenta a la tarea cognitiva de interpretar unos dibujos que incluyen viñetas para ver en qué medida reflejan la estructura y el funcionamiento celular desde su punto de vista (12-5-97). Indistintamente utiliza procesos y estructuras celulares apoyándose en las distintas analogías que el dibujo presenta, pero no sólo para describirlas, sino para reelaborarlas en función de su idea de célula, no limitándose a plasmar un funcionamiento-suma de la misma, sino que establece relaciones de continuidad temporal y espacial. Veamos su explicación.

“La célula, esa “fábrica” perfectamente engrasada, es el lugar de trabajo de muchos obreros; primero está el portero (la membrana) que permite el paso a determinados elementos si éstos traen “los documentos en orden”. Una vez dentro, la fábrica (mitocondria), bajo las órdenes del ordenador principal último modelo (núcleo), los usa para obtener energía. Primero, han sido debidamente tratados por los albañiles y demolidores (vacuolas digestivas y lisosomas) para quitarles las impurezas y reducirlos lo más posible, con el fin de conseguir los elementos constituyentes (monómeros). Del ordenador principal salen las órdenes, transportadas por los obreros (ARN mensajero) que permiten construir los edificios y cimientos que fundamentan la ciudad, el aspecto que tiene y lo que hace que no se caiga. Los bloques que sobran se guardan para otra ocasión mejor, en la que el jefe de la fábrica los necesite para realizar de nuevo otra construcción (síntesis proteica). Todos los otros elementos de la fábrica se transportan por las carreteras en camiones (por el retículo endoplasmático).

(El símil creo que es bueno, y espero haberlo explicado bien)”.

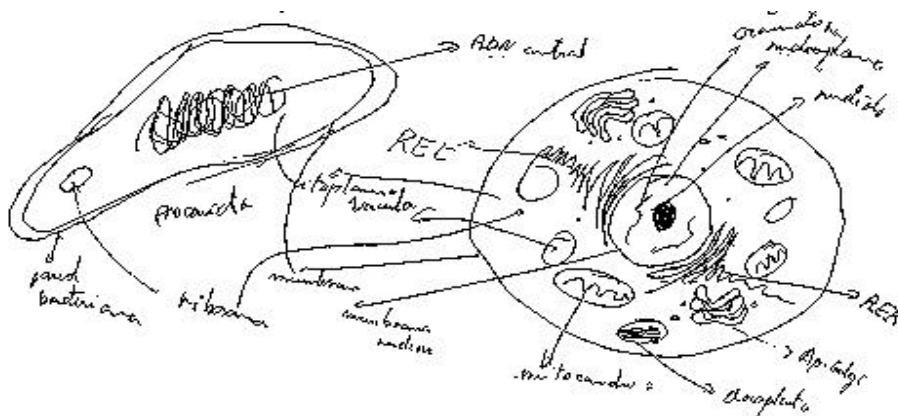
Si observamos el dibujo que elabora para dar respuesta a la estructura y al funcionamiento de una célula (16-5-97), vemos que, efectivamente, está operando mentalmente con un modelo complejo que integra perfectamente ambos aspectos y que lo hace utilizando varias imágenes que compara (procariota/eucariota) e, incluso, manejándolas como si de un zoom se tratara, revisando recursivamente diferentes niveles de organización. Las interacciones que establece son abundantes si contrastamos con los primeros dibujos que elaboraba, lo que muestra una evolución espectacular en su modelo. Lo que nos ha presentado como su producto está muy lejos de parecerse a aquellas primeras producciones que hiciera en el cuestionario inicial (en el mes de octubre) en el que, como se recordará, no era capaz de plasmar gráficamente el comportamiento de una célula. Ahora vemos cómo señala con flechas diferentes partes, las amplía, particulariza cada vez más y de manera más profunda hasta llegar incluso al nivel molecular, estableciendo relaciones e interconexiones de continuidad temporal y diferenciando diferentes procesos y hasta fases del ciclo celular, como se observará en lo que añade para el núcleo. Alejandro al hacer esto maneja en su mente imágenes, ¡pero no una sino muchas!, razona con imágenes y exterioriza “su” célula con esas imágenes, vistas o visiones que ha ido generando a medida que se avanzaba en el estudio a lo largo del curso escolar, pues, como puede verse, incorpora en su producto aspectos, informaciones, contenidos trabajados en diferentes unidades y momentos y lo que hace con todo eso es integrarlo en una única imagen pero compleja, como compleja es la entidad que representa, una imagen que opera con muchas vistas, con varias imágenes que él recupera al revisar hacia atrás, recursivamente, su conocimiento. Nuevamente al hacer lo que nos presenta, este joven ha ejecutado un modelo mental global, integrado, de estructura y funcionamiento, un modelo causal que le permite establecer esas revisiones e interconexiones que plasma gráficamente.

“El mapa está “dividido” en dos: la primera parte (hasta cromosomas) y la segunda (desde ser vivo). Considero que lo puesto al final es la base, el principio en el que se sustenta todo lo que he puesto por encima. Con lo demás, he intentado, como siempre, seguir un orden más o menos jerárquico de estructura y luego funciones; además, puse las relaciones cruzadas que creía más relevantes (y las que me acordé)”.



Obsérvese que no se limita a ubicar los procesos que ocurren en la célula en sus estructuras correspondientes, sino que da más información relativa a su finalidad, lo que se deriva de un modelo complejo de célula que le permite captar, precisamente, ese rasgo esencial de la misma que es su complejidad, una complejidad que, como concepto, incluso él ha usado en más de una ocasión. Su célula ahora, casi a final de curso, no es la misma que cuando comenzamos a trabajar, como ya se comentó, y prueba de ello es la forma de responder al cuestionario final (28-5-97) que, al ser igual, nos permite comparar. Cuando se le pregunta cómo representaría una célula y cómo haría un dibujo de la misma, Alejandro sigue insistiendo en la diversidad, pero veamos cómo ha evolucionado “su” célula.

“De mil maneras. La célula puede tomar millares de formas según el tipo, funciones, Es una de sus características más importantes. El dibujo sería el típico: la procariota sin núcleo ni sistema de endomembranas, y la eucariota, con todos los orgánulos y <<redonda>>”.

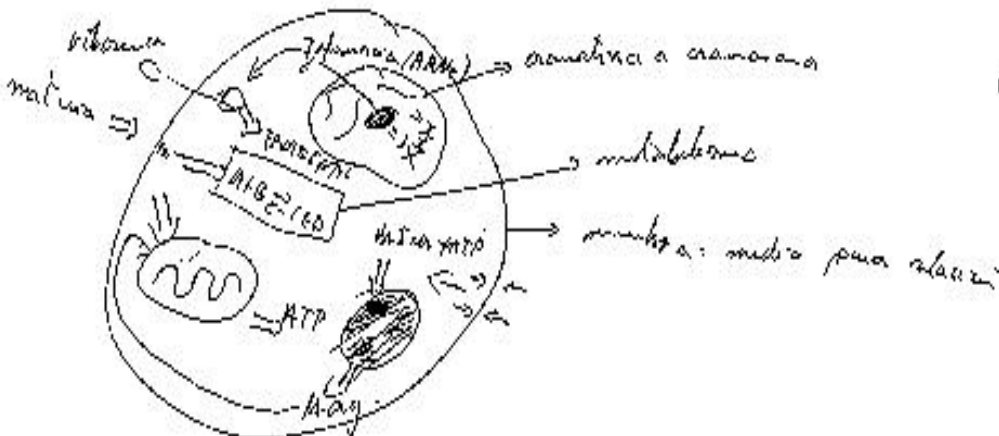


Con una extrema concisión, este joven diría lo siguiente de una célula y de su funcionamiento.

- Si tuvieras que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué dirías?
- “La unidad mínima de la vida.
- El ser vivo más pequeño que existe y más difícil de estudiar.
- La pieza inicial del gran puz(z)le que es la vida; si falta, el puz(z)le está incompleto y no es lo mismo, y si no está, no hay puz(z)le”.
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- “Lleva a cabo la obtención de nutrientes para “vivir”, gracias al metabolismo.
- Se reproduce de diferentes formas para autoperpetuarse a ella y a su especie.
- Se relaciona para obtener información que le ayuda a sobrevivir”.

Pero veamos cómo cambia su forma de plasmar gráficamente su comportamiento, un diseño el que nos presenta en esta ocasión que, siendo diferente al que hiciera en fechas recientes, es también una manera, una visión, dinámica y compleja de ese funcionamiento que, a juzgar por lo que hace, reúne las mismas características en su representación mental ya que de ella se deriva.

“Sería MUY DIFÍCIL. La complejidad fisiológica celular es tan enorme que hoy en día todavía no se entiende del todo. Pero yo lo INTENTO, por lo menos:”



Y es que la célula ahora es un todo en su cabeza que no se estudia física y fisiológicamente por separado, como se desprende de lo siguiente:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“A la célula le hace falta MATERIA y ENERGÍA para “ser”, física y fisiológicamente. Físicamente, necesita tanto moléculas orgánicas como inorgánicas (lípidos, agua, sales, ...) y fisiológicamente necesita “combustible”, que a veces es ATP, nucleótidos no nucleicos (FAD, NAD, ...) que actúen como coenzimas, enzimas, ... y AGUA para poder llevar a cabo el metabolismo en este medio”.

Ese modelo único complejo y dinámico que integra estructura y función se refleja también en el siguiente fragmento de la entrevista individual que se hizo, una vez terminadas las sesiones de clase y entregadas las calificaciones (12-6-97), como ya se ha comentado. Se recordará que no respondía a una entrevista clínica y que su objeto era buscar consenso en los significados asignados por las dos personas que intervenían en la conversación. Alejandro “ve” una célula en acción, un ente único y complejo que, además, es muy diverso, idea ésta que maneja desde un principio y que ha mantenido y lo ha caracterizado a lo largo del curso académico.

ML : ¿“célula” ?

Alejandro : el dibujito redondito.

ML : el dibujito redondito.

Alejandro : y también ... un montón de activo que, y todos los orgánulos, todas las formas de lab.

ML : no te entendí ; ¿un montón de activo ?

Alejandro : no, de tipos.

ML : ¡ah ! de tipos.

Alejandro : de las células de los, de los músculos, ésas, las fibrosas que son alargadas, las, las nerviosas con las ..., con las neuronas, las neuronas sí, sí sé cómo son, sí más o menos.

ML : o sea que en la mente en este momento, si oyes “célula”, lo que te ha surgido son un montón de, de dibujos de células. ..., ... ¿Y tienen algo en común esos dibujos ?

Alejandro : sssí

ML : sí.

Alejandro : que están rodeados por unaaa, como una capa protectora así la membrana. [...]. Además de la membrana, todos los, los orgánulos dentro pero también está lo de las bacterias que no tienen los orgánulos, sistema de endomembranas y todo eso no lo tiene bien constituido.

ML : lo estás viendo.

Alejandro : sí.

ML : ¿“catabolismo” qué imagen te sugiere ?

Alejandro : ... glucólisis, respiraciones, fermentaciones, todos los procesos, después ... entra la glucosa, sale pirúvico, después el pirúvico pasa por la membranaaa acetil ¡eh ! acetil CoA, entra dentro del ciclo de Krebs, luego está ... las fermentaciones que sson menos ..., son procesos degradativos me, me, ¡mmm ! obtención de energía a partir de materia orgánica, como nosotros.

ML : ¿pero qué ves ? estás viendo.

Alejandro : reac, reacciones y veo llos lugares en donde tienen lugar y todo el proceso, tom, comemos un alimento ¿no ?, lo degr, al, lo digerimos, lo pasamos a través de la membrana dentro donde en el hialoplasma la glucólisis, se degrada a pirúvico, ... lo.

ML : ¿o sea que estás viendo como si fuera una película ?

Alejandro : sí, lo que pasa ... desde que comes hasta queee.

Su modelo es un análogo estructural de la célula que representa en el que Alejandro capta aquellos elementos que considera relevantes, que no son todos, porque

esa representación suya, ese modelo mental que ha construido es más simple, “tipo”, un modelo que le es útil.

Alejandro : porque yo ..., por ejemplo, todas estas cisternas o esto no sé qué tal, yo lo considero en un, un poquito nada más y nooo toda la célula, todas estas vesículas aquí o, se ven un montón deee, que no es uniforme ni mucho menos por dentro, que yo la veía como, con unos cuantos, como un dibujo típico de un libro de éstos per pintada a mano, no una foto así como de microscopía, sino con un orgánulo, uno, uno tipo.

ML : quieres decir que en tu modelo de célula lo que hay es de cada uno de loos, de cada una de las estructuras uno y más disperso porque dices : esto, señalas y dices : esto está tan lleno, tan lleno. Tu célula no está tan llena por dentro.

Alejandro : no.

ML : vamos a ver, ¿esto es un análogo de laa célula, estructural de la célula ?

Alejandro : sí.

ML : ¿esto es real ?

Alejandro : es una foto ¿no ? de microscopía ?

ML : esto es una foto de microscopía ; por lo tanto, si es una foto de microscopía, es estructuralmente análogo a la realidad.... .. ¿Tu modelo no ?

Alejandro : mi modelo sssí, no tan bueno.

ML : no tan bueno.

Alejandro : no.

ML : tu modelo es un análogo estructural de la realidad pero no tan completo.

Alejandro : no pero sirve para identificar eso.

De hecho, cuando se le pedían las descripciones de sus propias imágenes al hilo de varios conceptos biológicos, las referencias de las mismas a una imagen de célula fueron abundantes. La causalidad, así como la consideración que hace Alejandro de su modelo como análogo útil para explicar y predecir se ponen de manifiesto en el siguiente extracto de la misma entrevista, un fragmento en el que se observa que “ve” esa célula de la que nos habla, “ve” secuencias, cosas que van de un lado a otro, que pasan antes y después de otras, o sea, varias imágenes.

ML : probablemente ésta sea ... la conexión de las dos membranas. ¿m ? Vamos a ver, tú me decías antes : mi modelo es mucho más simple, es un análogo, estructuralmente es un análogo pero yo puedo con mi modelo utilizar ¡eeehhh ! lo que tiene ese modelo para entender esto. Entonces, ¿lo que tú has hecho es aplicar tu modelo a la interpretación de esta foto ?

Alejandro : sí.

ML : has aplicado tu modelo a la interpretación de esta foto. ¿Tu modelo, entonces, sólo atiende a la estructura ? ... ¿o es que en este momento sólo has aplicado la estructura ?

Alejandro : sólo la estructura, porque si ... bueno, también lo de la función, si guarda cosas o ... esto ... debería ser para transportar cosas de un lado de la célula.

ML : ¿de un lado ?

Alejandro : a otro, entre células parece que, como están unidas así.

ML : sí.

Alejandro : por la membrana, como que están muy cerca y puedenn realizar, relacionarse unas con otras a través de la membrana, transporte de sustancias.

ML : transporte de sustancias ; entonces me estás queriendo decir que tu modelo es un modelo que no sólo atiende a la estructura.

Alejandro : ... no

ML : bueno, a ver, si yo te pidiera ¡aaahhh ! dime cómo es, hazme un análogo a cómo funciona la célula y descríbemelo ; ¿mentalmente tienes una forma análoga del funcionamiento de la célula ?

Alejandro : lo que dije antes de eso de las reacciones, pero sucesivas que están como formando, no como una cadena sino los productos de una son los reactivos de otra, después, por otro lado, ... cómo era lo de la **b**-oxidación que su, el acetil CoA después se podía formar en ácidos grasos en el ciclo de Krebs, luego estaba lo de laaa

ML : ¿en ácidos grasos en el ciclo de Krebs ?

Alejandro : no, lo de que loos restos de ¡mmm ! de acetil CoA que podían quedar libres, se podíannn encadenar y junto con glicerina formar ácidos grasos.

ML : ahora sí.

Alejandro : ¿y qué más ? lo de los aminoácidos que también pueden entrar en el ciclo de Krebs, no me acuerdo cómo pero sé que sí.

ML : ¡jajaja ! o sea que tú tienes un modelo en tu mente que responde de manera análoga al funcionamiento de una célula.

Alejandro : ¡ah ! y también lo de la síntesis proteica lo de la tra, laaa descondesación del ADN, hacer una copia, con el ARN mensajero, mandarlo, después llegar a lo del ribosoma, que se va acoplado con la secuencia de bases, lo del código genético.

ML : todo eso forma parte de tu modelo. ... ¿Ese modelo es gráfico o es básicamente textual ?

Alejandro : no, yo tengo los dibujos y con los dibujos lo veo.

ML : ¡ah ! entonces vamos a ver, tú tienes una imagen en tu mente que es análoga a cómo funciona la célula

Alejandro : ¡shshsh !

ML : ¿y eso es lo que me estás explicando en este momento ?

Alejandro : sí. Es que ... yo para estudiar no me podría estudiar todo el texto porque es imposible, no puedo; tengo que ver lo que estoy haciendo porque si no ... nooo, por ejemplo, cuando lo la síntesis proteica y eso, si yo no veo cómo es un ribosoma y cómo pasa eso del análisis y tal, lo que después nooo.

ML : ¿cómo pasa es de qué ?

Alejandro : deee el análisis ¡mi madre !, la unión de que llega el ARN mensaj, ¡eh ! transferente se une a un aminoácido ¿no ? y luego, está unido específicamente y luego con las bases que tiene, el anticodón se une con el codón del ARN mensajero y todo eso.

ML : sí.

Alejandro : pero es que va llegando y luego se acopla aquí uno con un enlace peptídico, se va ése, viene otro ARN transferente, o sea, se desplaza así, viene otro; y tengo más o menos la idea de secuencia así, que se va formando una cadena.

ML : sí, entonces vamos a ver, lo que estás queriendo decir es que tú para estudiarte, para construirte tu propio modelo de cómo funciona la célula, has utilizado imágenes para ir explicando el funcionamiento.

Alejandro : sí, bueno, me ayudo de eso.

Es un fragmento largo que nos sirve para corroborar algunas de las afirmaciones ya hechas como, por ejemplo, la importancia que le asigna este alumno a la imagen o la integración estructura/función que ha desarrollado a lo largo del curso; su modelo mental, lo que puso en mente cuando se enfrentó a esta entrevista, no cabe duda de que fue un modelo complejo, causal, que opera con imágenes para facilitar su razonamiento.

Comenzábamos el caso de Alejandro al contrario de lo que la lógica aconsejaría, secuencia que hemos seguido con otros estudiantes de la investigación. Hicimos en un primer momento "su historia" a lo largo del curso, nuestra interpretación de sus producciones y verbalizaciones, nuestro modelo de sus modelos de célula a lo largo del mismo y procedía, a continuación, justificar dicho modelo; para ello, se han adjuntado algunas de esas producciones y verbalizaciones, algunos registros cuyas transformaciones (¡la interpretación en nuestro caso!) nos han llevado a anticipar, para Alejandro también, un modelo mental sobre la construcción y evolución, en su caso, de modelos mentales relativos a la célula. Si volvemos a la tipología de Johnson-Laird, estamos nuevamente ante un modelo mental físico ya que atiende o responde a una entidad física (entidad que, por otra parte, es compleja y muy abstracta para el alumnado, como ya hemos expresado), un modelo dinámico puesto que se establecen relaciones causales entre sus elementos constituyentes, que son los elementos de aquellos tres conjuntos (orgánulos, composición/estructura, relaciones entre ellos - procesos), habiéndose enriquecido todos ellos en términos de los "tokens" que Alejandro incluye en los mismos al finalizar el curso; y es un modelo dinámico que,

como hemos visto, no está restringido o limitado a una única imagen, sino que es plural y diverso en esas vistas, en esas visiones hechas, como dice el autor, desde ángulos particulares. De este modo, un único modelo para estructura y funcionamiento, un modelo mental D, como lo hemos tipificado, pues opera con imágenes, tiene para este alumno un alto poder predictivo y explicativo, dotándolo de comprensión con respecto a la entidad celular que representa, un modelo causal imagístico con el que ha terminado, como se ha visto, el curso escolar en la asignatura de Biología en la que lo fue construyendo.

3.4.- HALLAZGOS Y RESULTADOS.

El presente espacio tiene por objeto presentar lo que se ha encontrado como resultado en la investigación desarrollada, lo que ha aportado como hallazgos que derivan de la misma. ¿Y por qué hablar de hallazgos? La respuesta a esta cuestión se encuentra en la opción metodológica justificada en páginas precedentes. Como diseñadores, como docentes y como investigadores ya Norman (1983) nos planteaba algunas reflexiones y sugería aspectos que se deberían tener en cuenta. Nos encontramos ante un proceso interpretativo, un intento de buscar explicaciones y de hacer predicciones (en términos de la propia teoría) sobre los modos de pensar del alumnado con el que se ha trabajado relativos a la célula, a su forma de conceptualizarla, a su manera de percibirla y concebirla, usando para ello lo que ese conjunto de personas ha escrito y dicho. Por lo tanto, lo que podemos presentar ahora es aquello que nos hemos encontrado como categorías y regularidades, lo que se ha hallado al profundizar y al adentrarnos en esos materiales, en esas producciones y verbalizaciones, según el protocolo que se planificó y construyó en fases sucesivas, “sobre la marcha”, como se ha expuesto en el apartado anterior.

Y en ese sentido, la sola interpretación precedente que ha servido para ejemplificar ese proceso metodológico que se ha definido es, sin lugar a dudas, un resultado, como lo son los treinta y cinco restantes que se presentan como anexos. Eso es lo que se ha obtenido, eso es lo que se ha hallado: treinta y seis interpretaciones consistentes con la fundamentación teórica que actúa de soporte de esta investigación que se apoyan en y se desprenden del protocolo definido al efecto. Esas interpretaciones, esos modelos mentales sobre la forma de entender la célula de estos jóvenes emanan directamente del proceso de sistematización desarrollado del que derivan.

Efectivamente, en esos modos de entender la célula se han encontrado regularidades y coincidencias, categorías comunes. La construcción de los elementos conceptuales de los conjuntos definidos relativos al contenido celular y, consecuentemente, el manejo de los mismos, así como la capacidad de visualizarlos, ha dado como resultado lo que se ha tipificado como cuatro modelos mentales diferentes de célula, es decir, cuatro formas distintas de representarla cada vez que se requiere, o sea, cada vez que se demanda trabajar cognitivamente con la misma como “mundo real” -externo-. Son, pues, esos cuatro modelos mentales hallados en todos y cada uno de los sujetos de la investigación frente todas y cada una de las fuentes de recogida de información registradas los que justifican sus posibilidades explicativas y predictivas al respecto y, en consonancia con ello, su comprensión. Estos modelos se caracterizan del siguiente modo:

- Modelo mental A o estructural: construcción de un modelo de estructura celular pero no de funcionamiento. Imagen única y estática (en caso de que se genere). No establecimiento de inferencias y deducciones.
- Modelo mental B o dual: construcción de un modelo de estructura de la célula y otro de su funcionamiento, ambos independientes, o sea, un doble modelo. Imagen estática. Establecimiento de pocas y

pobres inferencias y deducciones entre estructura y funcionamiento.

- Modelo mental C o causal discursivo: construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento de la célula. Establecimiento de inferencias y deducciones elaboradas entre estructuras y procesos. Causalidad. No uso o no generación de imágenes o, en caso de generarlas, éstas son estáticas y simples.
- Modelo mental D o causal imagístico: construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento de la célula. Establecimiento de inferencias y deducciones elaboradas entre estructuras y procesos. Causalidad. Imagen dinámica-compleja y/o uso de varias imágenes.

Estos modelos mentales relativos a la célula se derivan de y relacionan con los criterios y categorías definidas para llevar a cabo el análisis de las producciones y verbalizaciones obtenidas del alumnado y, consecuentemente, con las diferentes fuentes de recogida de datos que han permitido su recopilación. Esta relación se presenta en la Fig. nº 4 y, como se recordará, se deriva de modo natural de la elaboración de categorías desarrollada en la tercera fase de la presente indagación.

Efectivamente, se han encontrado esas categorías en las representaciones mentales de célula; de lo expuesto se deriva que se han detectado regularidades y modos que se corresponden con los modos de pensar de los estudiantes con respecto a la célula; se observa que estos modos comunes en la forma de procesar el contenido trabajado y de plasmarla se relacionan con la forma de manejar la información y de exteriorizar lo que de la misma han comprendido, es decir, con las representaciones externas que han aportado que constituyen los registros obtenidos de dichos individuos. Son estos registros, convenientemente analizados, como se ha visto, los que han permitido inferir que mentalmente son los cuatro modelos mentales que se han tipificado las representaciones que estos estudiantes han puesto en juego como intermediarias entre sus estructuras cognitivas y el contenido que se les presentaba. Son esos modelos mentales los que se ha encontrado que sistemáticamente generaban frente al mismo. Son esos cuatro, pues, los modos que la investigación ha hallado que permiten explorar e identificar la forma según la cual este alumnado ha pensado la célula -la ha percibido y concebido- y, por tanto, los modelos mentales generados por la investigadora sobre los modelos mentales de célula construidos por los jóvenes que han constituido el centro de la investigación. Por lo tanto, podríamos admitir también que esa tipificación es un hallazgo de la propia indagación.

		Modelo A Construcción de un modelo de estructura pero no de funcionamiento; imagen única y estática; no establecimiento de inferencias.	Modelo B Construcción de un modelo de estructura y otro de funcionamiento; imagen estática; pocas o ninguna inferencia de estructuras a funcionamiento.	Modelo C Construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento; no uso o generación de imagen (o no cambio en su imagen -estable-); establecimiento de inferencias y deducciones consistentes entre estructura y funcionamiento; causalidad.	Modelo D Construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento; imagen dinámica y/o uso de varias imágenes; establecimiento de inferencias y deducciones consistentes entre estructura y funcionamiento; causalidad.
Discurso	Frases	De libro	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal
	Calidad del discurso de los párrafos	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
	Uso de la información	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma
	Plasmar imágenes en diseños	No uso	No uso	No uso	Uso
	Inferencias y deducciones; interpretación	No establecimiento	Pobres	Elaboradas	Elaboradas
	Analogías	No se detectan	En caso de que se detecten: extrabiológicas/repetición de clase o autónomas	En caso de que se detecten: extrabiológicas/autónomas	En caso de que se detecten: extrabiológicas/autónomas
Mapas	Selección	Arbitraria	Arbitraria	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
	Relaciones	Simple	Simples	Explicativas	Explicativas
	Proposiciones	Nada significativas	Poco significativas	Significativas	Significativas
	Jerarquización	Ausente/de libro	De libro/débil	Coherente	Coherente
	Analogías y referencias a imágenes	No uso	No uso	No uso	Uso
Dibujos	Diseño	De libro	De libro	De libro	Elaboración personal
	Estructuras	Identificación	Identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases.	Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases y notaciones (algunas) no verbales -flechas-.	Identificación y funciones con palabras y frases y con notaciones no verbales (ampliaciones, flechas, etc)
	Complejidad	Simple-estático	Simple-estático	Simple-estático	Complejo-dinámico
		Otras posibles combinaciones pero no hay metabolismo/funcionamiento o es muy pobre.	Otras combinaciones pero hay inferencias pobres y conceptos metabólicos/funcionamiento.		
		Proposiciones poco significativas; jerarquización ausente.	Otras combinaciones con repetición mecánica.		
			Otras combinaciones con deducciones elaboradas pero sin uso de conceptos de funcionamiento.		
			Otras combinaciones pero con jerarquización débil.		

Fig. 3.4. Relación entre modelos mentales encontrados, subesquemas, criterios y categorías de análisis.

De este modo, y haciendo uso de esa categorización a lo largo del curso, se ha establecido la evolución seguida por cada joven asignando a cada instrumento la construcción de un modelo mental como sustrato o base cognitiva para elaborarlo, para dar cuenta del mismo o de lo que en él se demanda, en definitiva, haciendo uso para ello del protocolo definido al efecto y explicado en el apartado precedente. Los datos que se han obtenido con ello se presentan en la Tabla nº 1 (los nombres son ficticios, como es lógico, para preservar la intimidad de los protagonistas de la investigación).

Tabla nº 1. Relación de estudiantes y de modelos mentales construidos por los mismos en cada registro, así como su modelo mental "final".

Estudiantes	Cuest. 1	Ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	Ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	Ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	Entrevi sta.	Modelo final
1. Víctor	A	A	B	A	A	B	A	A	A	A	B	A	A	A
2. Álvaro	A	B	B	A	C	B	B	B	B	D	A	C	D	C
3. Laura	A	B	B	A	B	B	A	A	A	A	C	B	B	A/B
4. Jezabel	A	-	-	A	-	-	A	-	A	A	A	A	A	A
5. Bibiana	C	C	B	B	C	C	B	C	B	B	B	C	C	C
6. Amanda	B	B	B	A	B	B	A	B	B	C	C	B	B	B
7. Óscar	B	C	B	A	B	B	A	A	B	A	A	B	B	B
8. Nieves	A	A	B	B	B	C	C	B	A	A	B	C	B	B
9. Clara	B	B	A/B	B	A/B	A	B	B	C	B	B	D	B	B
10. Remedios	A	C	C	B	C	C	B	C	D	D	B	C	C	C
11. Begoña	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
12. Tais	B	A	B	B	A	B	A	A	A	B	A	B	B	B
13. Virtudes	A	A	B	B	B	A	A	A	A	B	A	A	B	A
14. Gloria	A	B	A	A	A	B	A	B	B	B	A	A	A	A
15. Yanira	A	C	B	B	B	B	B	B	B	A	B/C	C	C	C
16. Miguel	A	A	A	A	A	A	A	-	A	A	A	A	A	A
17. Virginia	A	C	B	A	B	B	A	B	A/B	B	B	B	A	B
18. Gustavo	A	A	B	A	A	B	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A/B
19. Julia	A	A	B	B	C	B	B	B	B	B	C	B	B	B
20. Joel	A	A/B	B	A	B	B	A	B	A	A	A	B	B	A/B
21. Marta	B	C	B	B	C	C	C	C	C	D	C	D	D	D
22. Loreto	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
23. Carla	A	B	B/C	B	B/C	B	B	B	B	A	B/C	B	B	B
24. Andrea	A	A	B	B	B	C	B/C	C	B	C	C	C	B	B/C
25. Sara	B	B/C	C	B	C	C	C	C	B/C	B	C	C	C	C
26. Yaiza	A	B	B	A	B	B	B	A/B	B	B/C	B	A	B	B
27. Pascual	A	A	A	A	B	C	B	B	A	A	B	B	A/B	A/B
28. Constanza	A	C	C	B	C	C	C	C	B/C	D	C	D	C	C
29. Sagrario	A	C	C	B	C	C	B	B	A/B	A	B	B/C	C	C
30. Pastor	B	B	B	A/B	B	B	C	B	A	D	B	B	A/B	B
31. Alejandro	C	C	C	B	C	C	C	D	D	D	C	D	D	D
32. Ángeles	A/B	A/B	A/B	A	A	B	A	A	A	A	A	A/B	A/B	A
33. Genoveva	B	C	C	C	C	C	C	C	C/D	D	C	D	D	D
34. Esteban	A	B	B	A	B/C	B	A/B	B	A	A	B	B	A	B
35. Alfonso	C	B	C	B	C	C	C	C	B	D	C	D	D	D
36. Yurma	A	A	A	B	A	A	A/B	-	B	A	B	B	A	A

Como puede observarse en la tabla anterior, ha habido ocasiones (treinta y cuatro de los quinientos cuatro registros que en la misma figuran) en las que la interpretación desarrollada sobre las producciones y verbalizaciones del alumnado ha conducido a un modelo intermedio, modelo que, consecuentemente, responde a características y rasgos que se enmarcan tanto en uno como en otro de los modelos extremos que definen esa transición; se trata, pues, de modelos mentales que suponen una evolución entre uno y otro de los modelos considerados básicos en el proceso de procesamiento de la información trabajada.

Lo más destacable del proceso de indagación seguido, como es lógico, es la interpretación llevada a cabo de todos y cada uno de los protagonistas de la investigación, como ya se ha comentado, lo que constituye la fuente primaria de los hallazgos obtenidos, es decir, el proceso de análisis y de deducción e inferencia desarrollado sobre todas y cada una de sus producciones y verbalizaciones con objeto de averiguar cómo han podido generar las representaciones mentales correspondientes, representaciones que están detrás y en la base de las mismas, con el contenido que han manejado, y no esta fría y abstracta tabla que poco o nada dice al respecto, más que la simple etiquetación y tipificación con una letra de cada una de esas posibles representaciones mentales relativas a la célula encontradas.

En todo caso, merece la pena que nos adentremos un poco en ella y procuremos encontrar algunos rasgos que, como datos, resulten relevantes. Se insiste una vez más en que lo más valioso ha sido todo el proceso en sí, todo lo que estos jóvenes fueron haciendo y, básicamente, cómo se ha ido interpretando desde la óptica de un referente teórico concreto, hasta llegar a decidir cuál fue el modelo mental que se entiende que caracterizó a todos y cada uno de ellos al finalizar el curso escolar, lo que se apoya, precisamente, en todo este proceso. Pero si usamos como elementos de referencia únicamente este modelo mental final y su comparación con el modelo mental generado ante el cuestionario inicial (primer registro obtenido), vemos que de los treinta y seis estudiantes, trece no modificaron formalmente su representación, habiéndolo hecho los veintitrés restantes, una alumna hacia una representación más pobre y simple y los demás hacia modelos más explicativos y predictivos; algunos de estos cambios o evoluciones han sido espectacularmente enriquecedores y significativos, suponiendo para estos estudiantes un salto grande en lo que es su capacidad explicativa y predictiva y, en concordancia con ello, la comprensión que han adquirido con el modelo que han generado. Esta comparación se muestra en la tabla nº 2 y nos permite constatar que se ha producido una evolución en lo que a la adquisición y comprensión del contenido trabajado se refiere y, por lo tanto, aprendizaje.

Tabla nº 2. Comparación entre el modelo mental construido para el cuestionario inicial y el modelo mental final.

Evolución en el modelo mental	Número de alumnos	Total
No modificación A-A	7	13
No modificación B-B	5	
No modificación C-C	1	
Modificación A → B	7	23
Modificación A → A/B	4	
Modificación A → B/C	1	
Modificación A/B → A	1	
Modificación A → C	5	
Modificación B → C	1	
Modificación B → D	2	
Modificación C → D	2	

De estos datos en bruto que, en todo caso, se han obtenido como producto de un proceso de indagación cualitativa, interpretativa, siguiendo las pautas expuestas, se han encontrado como regularidades o respuestas comunes las que figuran en la Tabla nº 3. Se hace evidente, de este modo, que efectivamente se observan patrones comunes, esquemas similares de externalización y de respuesta que, por tanto, como se ha dicho, son susceptibles de categorización. En ella se representan los datos reunidos según el modelo mental encontrado (¡o asignado!) para cada uno de los sujetos de investigación

en todos y cada uno de los instrumentos manejados, así como aquéllos que refieren o se ha interpretado como posibles modelos mentales intermedios, como ya se ha explicado, amén de los datos referidos a ausencia de información por falta del instrumento correspondiente. Así mismo, se reflejan en la misma, en su última casilla, los datos que se refieren a la diferencia detectada entre el principio y el final de curso.

Tabla nº 3. Números totales de individuos según el modelo mental hallado por instrumento.

MODELO MENTAL	Cuest. 1	Ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	Ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	Ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	Entrevista.	Modelo final	Diferencia
Modelo A	24	11	5	16	8	5	14	8	14	15	11	8	8	8	- 16
Modelo B	8	11	20	18	13	18	11	15	13	9	13	13	13	12	+4
Modelo C	3	10	7	1	11	12	8	8	2	2	10	7	6	7	+4
Modelo D	-	-	-	-	-	-	-	1	2	8	-	6	5	4	+4
Modelo A/B	1	2	2	1	1	-	2	1	2	1	-	1	4	4	+3
Modelo B/C	-	1	1	-	2	-	1	-	2	1	2	1	-	1	+1
Modelo C/D	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	
En Blanco	-	1	1	-	1	1	-	3	-	-	-	-	-	-	

Como se deriva de la tabla anterior, efectivamente todo el alumnado ha plasmado una representación externa de célula que, consecuentemente, se corresponde con su representación mental acerca de la misma; esa representación en las dos terceras partes de la población estudiada comienza siendo exclusivamente estructural, una representación sobre la entidad que aborda que atiende sólo a sus elementos constituyentes, no atribuyéndosele los atributos característicos de la misma, que son los que precisamente le dan carácter vital como unidad de vida, hasta mucho tiempo después en algunos casos.

A lo largo del curso se observa que lo que más se desarrolla es un modelo mental dual según el cual se opera independiente y separadamente con la estructura y con el comportamiento celular lo que supone, como muestra la evidencia, un avance en la concepción del ente “célula” en la medida en que, como se ve, una tercera parte de los estudiantes abandona su idea sólo estructural de la misma y cuanto menos atribuye un funcionamiento específico aunque sea independiente del sustrato que lo permite y soporta. Es también una tercera parte de la población la que termina operando mentalmente con un modelo mental global, integrado, causal, de la célula, un modelo que es suficientemente explicativo y predictivo (desde el punto de vista científico, ¡claro!) y que los ha dotado de comprensión al entender y poder trabajar coherentemente con una entidad tan compleja como es la célula como unidad de la materia viva; no todos éstos operan mentalmente con imágenes, no razonan o deducen apoyándose en las mismas, pero sí que han adquirido esa comprensión global que el modelo mental que han generado les permite. En todo caso, obsérvese (en los informes de interpretación adjuntos) que estas imágenes que algunos de los sujetos usan en sus procesos cognitivos, en su procesamiento de la información trabajada, son múltiples, complejas, variadas y no una única y estática “foto fija” que atiende sólo a su estructura y obsérvese, también, que aparecen en estos pocos alumnos que las usan en su modo de pensar de manera dinámica (como dinámica es la entidad que representan) muy avanzado el curso escolar (dato que plasma claramente la tabla anterior), casi cuando ya se está acabando el mismo, momento en el que, por lo que se ve, estos jóvenes (¡pocos!, es cierto) están siendo capaces de integrar todo el conocimiento producido (¡tratado en las clases!) en una única representación que es mucho más versátil y que pueden visualizar en su modelización; resulta curioso y lógico al tiempo, pues, detectar que se produce una dispersión que, por ejemplo, en estos jóvenes “imagísticos” los lleva

previamente a trabajar en términos causales y a modelizar pero sin el uso de esas imágenes. En todo caso, se pone de manifiesto, también, que no necesariamente se recurre al uso de imágenes, a la “imaginabilidad”, para desarrollar una mejor comprensión ya que, como se ve en los datos obtenidos, son abundantes las ocasiones en las que se generan modelos mentales explicativos y predictivos sin el concurso de las mismas.

Otra prueba de la dispersión ya comentada y de cómo se producen cambios en los modos cognitivos de operar con el contenido trabajado a medida que avanza el curso se detecta en lo que se ha tipificado como modelos mentales intermedios que, como ya se apuntó, responden a rasgos distintivos de cada uno de los que definen sus extremos; y obsérvese cómo efectivamente los más frecuentes (dentro de lo que cabe, ya que son minoritarios) dentro de éstos a lo largo del curso escolar son los modelos A/B, lo que guarda relación directa con la evolución observada en relación con el número de estudiantes que comienza el año escolar teniendo un modelo mental A (dos terceras partes) y los que van avanzando hasta que se llega a que una tercera parte termina el mismo con modelo mental B.

En función de lo que plasma la tabla nº 2, se deduce, pues, que se produce un abandono temprano de un modelo mental A o sólo estructural de la célula que se va aparejando a la atribución de características vivas, de procesos, o sea, a la construcción de un modelo mental como mínimo B en un amplio número de estudiantes, lo que se corrobora con la disminución a su tercera parte (¡sólo ocho!) del número de jóvenes que incluso al acabar el curso escolar sigue pensando y operando mentalmente sólo con su estructura, no habiendo incorporado a la misma nada relativo a su comportamiento. Si bien en términos globales, por supuesto, los dieciséis restantes alumnos que modificaron su modelo mental A se reparten al final del curso entre los otros cinco modelos hallados en la investigación y, siguiendo con números globales, lo hacen por igual entre los modelos B, C y D (4), A/B (3) y B/C (1).

Como ya se ha expresado y como se deriva del protocolo definido y de la opción metodológica que lo justifica, lo que se ha desarrollado es un proceso de interpretación de los posibles modos de pensar de los estudiantes considerados a partir de sus materiales y, por lo tanto, no es relevante, y por ello no se ha considerado como variable, el sexo de los mismos; en todo caso, se presenta en la tabla nº 4 dicha información con objeto de observar los hallazgos obtenidos al respecto desde todas las perspectivas posibles y comparar “grosso modo” pues, dada la naturaleza del proyecto que nos ocupa, no cabe ni se ha planteado tratamiento estadístico alguno.

Tabla n° 4. Datos obtenidos para cada instrumento, según su modelo mental por sexo.

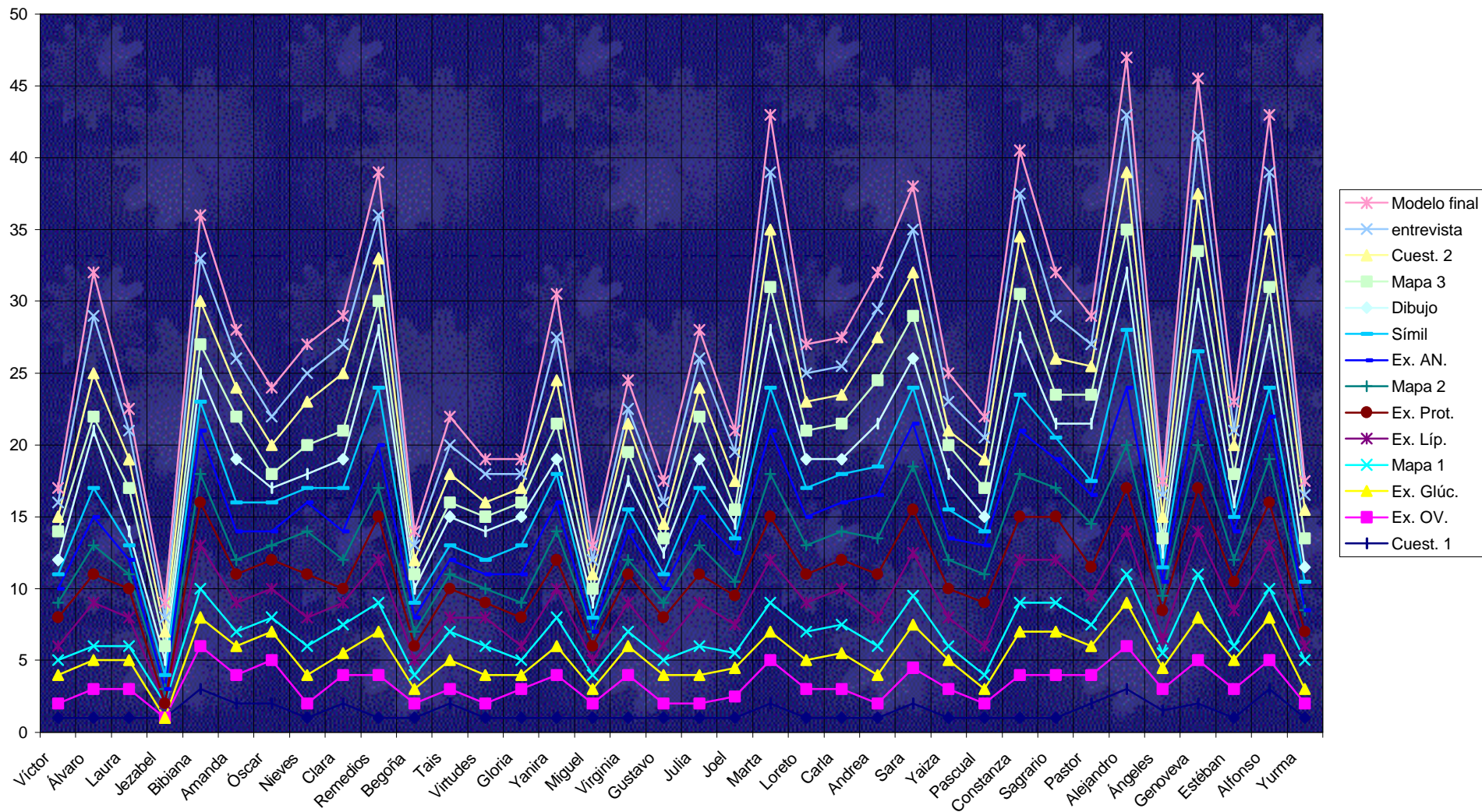
MODELO MENTAL	Sexo	Cuest. 1	Ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	Ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	Ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	Entrevi sta.	Modelo final
Modelo A	Alumnas	17	7	3	8	5	4	9	5	7	9	6	5	5	6
	Alumnos	7	4	2	8	3	1	5	3	7	6	5	3	3	2
Modelo B	Alumnas	6	7	13	16	9	11	9	10	10	9	9	8	11	9
	Alumnos	2	4	7	2	4	7	2	5	3	-	4	5	2	3
Modelo C	Alumnas	1	8	5	1	8	9	5	7	2	2	8	6	6	6
	Alumnos	2	2	2	-	3	3	3	1	-	-	2	1	-	1
Modelo D	Alumnas	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	4	2	2
	Alumnos	-	-	-	-	-	-	-	1	1	4	-	2	3	2
Modelo A/B	Alumnas	1	1	2	-	1	-	1	1	2	-	-	1	1	1
	Alumnos	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	3	3
Modelo B/C	Alumnas	-	1	1	-	1	-	1	-	2	1	2	1	-	1
	Alumnos	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Modelo C/D	Alumnas	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	Alumnos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
En Blanco	Alumnas	-	1	1	-	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-
	Alumnos	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

Y como se recordará, se trabajó con dos grupos naturales de estudiantes organizados administrativamente por el Centro; este rasgo no se consideró una variable ya que, tal y como se ha expresado repetidas veces, el objeto de la investigación se centra en las representaciones mentales del alumnado desde una perspectiva concreta y otras variables o elementos, como los comentados, quedarán, en todo caso, para estudios posteriores. Pero se recordará, también, que ya se comentó la detección de una cierta diferencia en el modo de operar y de trabajar de los alumnos de un grupo con respecto a los del otro, advirtiéndose, incluso, mejores resultados académicos en el grupo menor (COU B) desde un principio (¡ya desde las primeras sesiones de clase!). Por esa razón se ha considerado pertinente reflejar los datos obtenidos en función del grupo de origen, lo que se presenta en la tabla n° 5, corroborando esa diferencia pues, como puede observarse, es mayor proporcionalmente el número de estudiantes que generan modelos mentales más estructurados y causales (modelos mentales C o D) en dicho grupo.

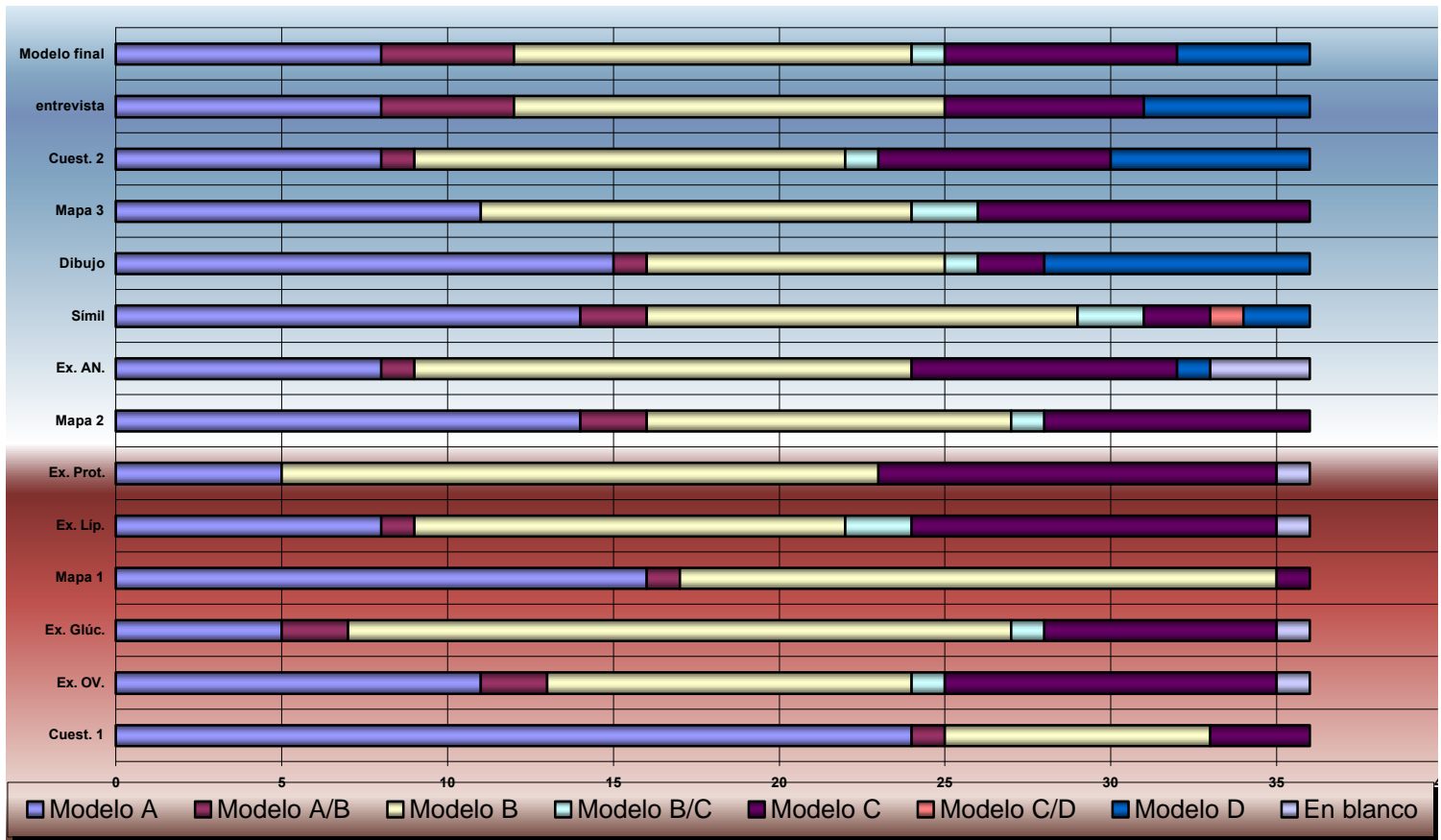
Tabla n° 5. Datos obtenidos para cada instrumento, según su modelo mental por grupo.

MODELO MENTAL	Grupo	Cuest. 1	Ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	Ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	Ex. AN.	Símil.	Dibujo .	Mapa 3.	Cuest. 2	Entrevi sta.	Model o final
Modelo A	COU A	16	8	3	12	6	4	13	7	10	9	10	7	6	6
	COU B	8	3	2	4	2	1	1	1	4	6	1	1	2	2
Modelo B	COU A	5	6	16	10	9	13	7	10	8	8	7	8	10	8
	COU B	3	5	4	8	4	5	4	5	5	1	6	5	3	4
Modelo C	COU A	1	6	1	-	5	4	2	3	2	1	4	5	3	4
	COU B	2	4	6	1	6	8	6	5	-	1	6	2	3	3
Modelo D	COU A	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	2	2	1
	COU B	-	-	-	-	-	-	-	1	1	5	-	4	3	3
Modelo A/B	COU A	-	1	1	-	1	-	-	-	1	1	-	-	1	3
	COU B	1	1	1	1	-	-	2	1	1	-	-	1	3	1
Modelo B/C	COU A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
	COU B	-	1	1	-	2	-	1	-	2	1	1	1	-	1
Modelo C/D	COU A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COU B	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
En Blanco	COU A	-	1	1	-	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-
	COU B	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

Con objeto de plasmar de una manera gráfica la información precedente relativa a los hallazgos encontrados, de operar también con imágenes, en suma, y así facilitar su interpretación (en este nivel frío y abstracto/distante de números y letras, ya que los resultados obtenidos son mucho más ricos que todo eso) se han elaborado los gráficos que se presentan a continuación. El primero de ellos (Fig. 3.5) es una gráfica que refleja los datos correspondientes a cada estudiante en función de los trece instrumentos utilizados y de su modelo mental final asignado. Sigue, por tanto, un patrón cronológico. De ella se desprende que los modelos mentales son idiosincráticos, cambiantes y que van evolucionando a lo largo del curso. Puede verse en la misma que los jóvenes siguen ritmos distintos modificando sus modelos más o menos temprana y rápidamente unos con respecto a otros. Así mismo, su observación permite captar que en algunos casos se da, por así decirlo, una concentración en lo que es la representación generada, de tal manera que algunos estudiantes varían poco con respecto al modelo mental que han construido en los diferentes registros solicitados.



La segunda imagen (Fig. 3.6) presenta a modo de gráfica los datos totales extraídos de la Tabla nº 3; nos permite, por tanto, ver la evolución a lo largo del curso escolar y, con ello, analizar los momentos en los que se produce diferenciación de distintos modelos mentales. Se puede observar en la misma que los cuestionarios inicial y final, los mapas conceptuales, el símil y el dibujo solicitado tienen un mayor valor diagnóstico, es decir, son más informativos en comparación, por ejemplo, con los exámenes. La entrevista final se ha mostrado como un registro de alto valor confirmatorio, ya que reafirma generalmente el modelo mental final asignado.



g. nº 3.6. Valores promedio de los diferentes modelos mentales para cada fuente de datos.

La fig. 3.7 muestra los mismos datos anteriores, eliminando los modelos mentales intermedios, lo que se ha hecho también en las gráficas siguientes con objeto de simplificar y dejar sólo los datos correspondientes a los cuatro modelos mentales categorizados. Al eliminar las categorías de transición, puede observarse con mayor claridad cuáles son los instrumentos que mayor capacidad discriminadora tienen para determinar la clase de modelo mental construido. De este modo, por ejemplo, puede captarse fácilmente el valor de confirmación que ha tenido la entrevista desarrollada al finalizar el curso escolar.

Otro aspecto destacable de la gráfica que se presenta en la Fig. 3.7 es que nos permite ver la evolución de los modelos mentales a lo largo del curso. Se detecta fácilmente la disminución de modelos mentales sólo estructurales y se ve que es bastante avanzado el curso cuando empiezan a aparecer modelos mentales más integrados, causales, que van acompañados del manejo de imágenes en sus razonamientos celulares en algunos de esos casos. Es palpable, también, que se ha

producido un proceso tendente a considerar, cuanto menos, y a integrar aspectos estructurales y funcionales en la concepción de célula que se genera, evidenciándose, por tanto, aprendizajes biológicamente más aceptables y consistentes.

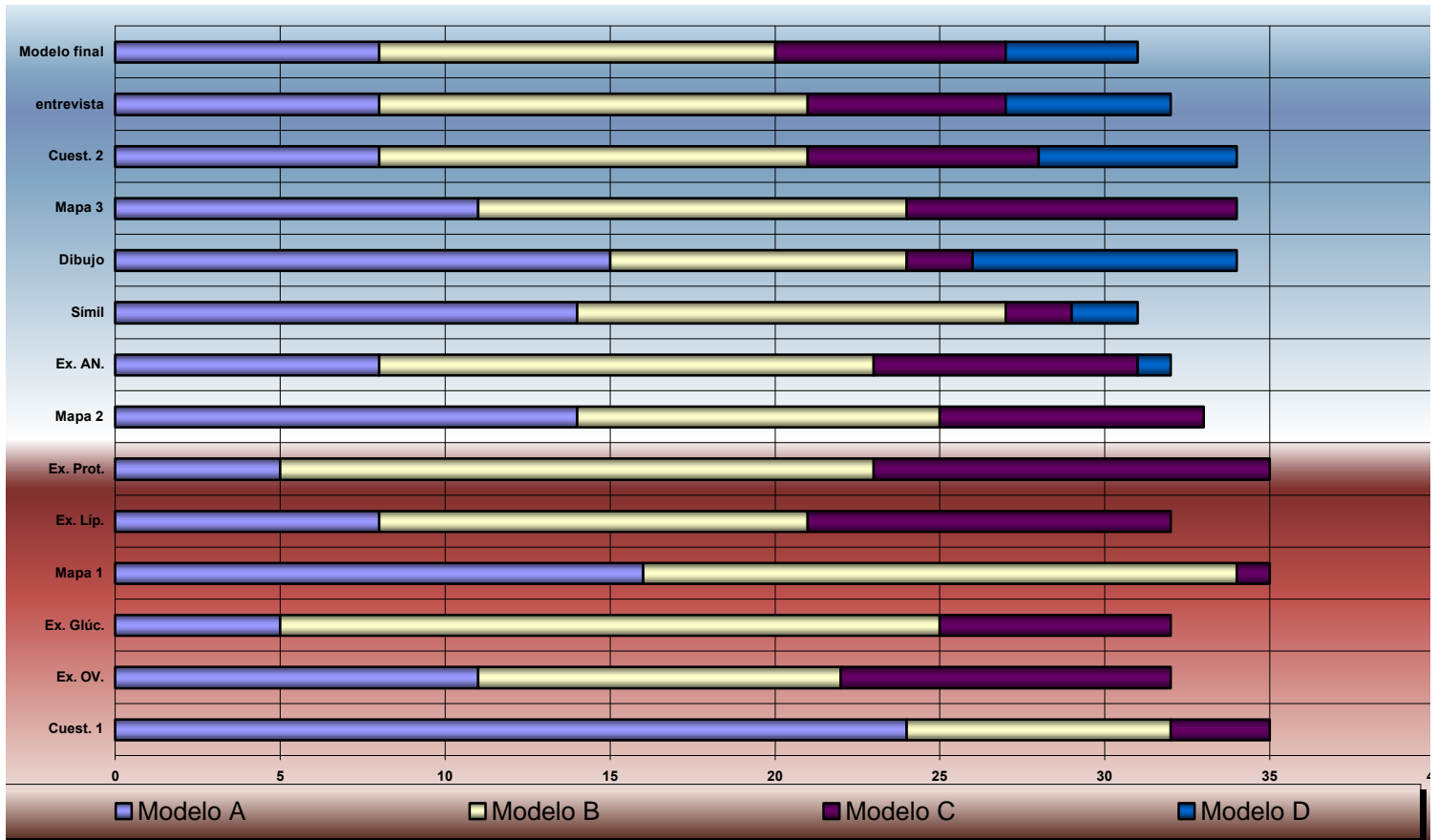


Fig. 3.7. Valores globales relativos a los cuatro modelos mentales tipificados para cada uno de los registros obtenidos.

Los gráficos siguientes (Figs. 3.8, 3.9 y 3.10) muestran aspectos parciales referidos respectivamente a los mapas conceptuales, los valores medios de los exámenes de cada trimestre y los cuestionarios inicial y final en comparación, en cada caso con el modelo mental final hallado. De este modo, se puede observar la evolución y discriminación a lo largo del curso entre esos cuatro modos de representación de la célula así como su capacidad diagnóstica en relación con los modelos mentales tipificados.

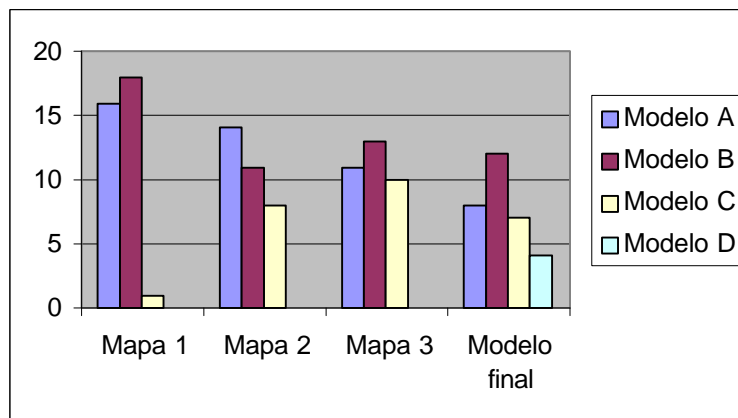


Fig. 3.8. Modelos mentales hallados en los mapas conceptuales y comparación con el modelo mental final.

Puede verse en la gráfica anterior cómo los mapas conceptuales se muestran como fuentes de datos potentes para discriminar modelos mentales A, B o C, pero no han permitido captar o determinar modelos mentales D. Si observamos los gráficos correspondientes a los exámenes, se detecta que tampoco éstos discriminan claramente el modelo mental D; en estos registros como fuentes de datos la tendencia mayoritaria es la generación de un modelo mental dual o B que, como se recordará, atiende por un lado a la estructura y por otro al comportamiento celular. A juzgar por lo expuesto, los exámenes no se han revelado como fuentes de diagnóstico muy potentes.

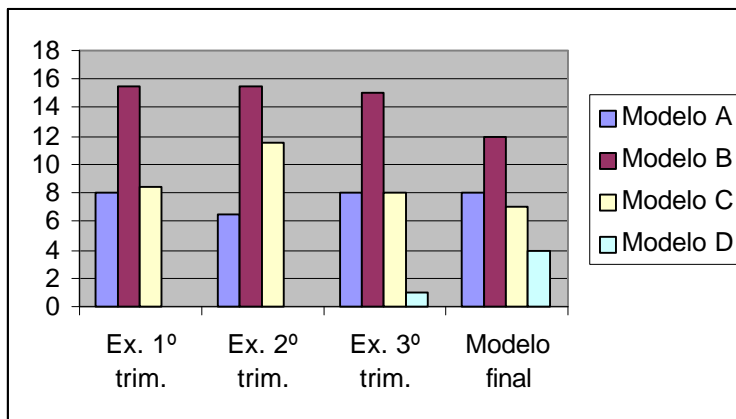


Fig. nº 3.9. Valoración de modelos mentales construidos como promedio frente a los exámenes de cada uno de los trimestres.

La Fig. nº 3.10 presenta del mismo modo que las anteriores los datos correspondientes a los cuestionarios inicial y final que, por ser iguales, nos permiten hacer comparaciones, y su relación con el modelo mental final asignado. Estos cuestionarios se muestran como fuentes de información eficaces para discriminar los cuatro modelos mentales hallados. Reflejan también, considerando el cuestionario final, un alto valor confirmatorio con respecto al modelo mental final construido para los estudiantes analizados.

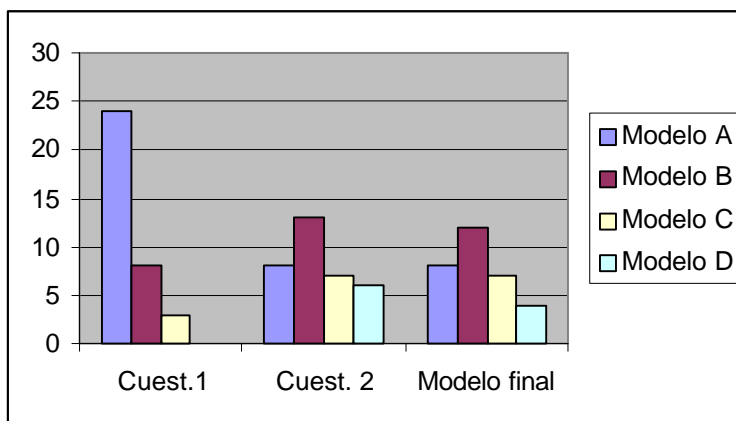


Fig. nº 10. Datos obtenidos para los cuestionarios inicial y final y su comparación con el modelo mental final.

Los resultados anteriores determinan, también, la evolución seguida en dichos modelos a lo largo del curso escolar en el sentido de que justifican la construcción de modelos mentales más explicativos y consistentes con los modelos conceptuales que se pretendían enseñar. Estos hallazgos apoyan la emergencia de modelos mentales de célula integrales, causales, y, consecuentemente, de aprendizajes en función de los procesos seguidos en el aula.

4.- DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE HALLAZGOS Y RESULTADOS. CONCLUSIONES.

La presente investigación se planteó con propósitos exploratorios e identificadores, como ya se ha expuesto, con respecto a las formas según las cuales el alumnado opera con el concepto célula, a sus representaciones mentales de la misma, procurando para ello una teoría de la mente adecuada explicativamente y apoyándose en ella porque

"El pensamiento acerca y en términos de una teoría necesita la construcción de modelos mentales. Mientras los conceptos científicos pueden ser codificados proposicionalmente, su comprensión implica interpretación, i.e., construcción de un modelo mental de las entidades o procesos que ellos representan. Así, lo que los filósofos han venido llamando "significado" y "referencia" (i.e., interjuego entre palabras, mentes y mundo) es, en esta visión, mediado por la construcción de modelos mentales que relacionan el mundo de maneras específicas". (Nersessian, 1992, pág. 10).

Y es que efectivamente la célula supone un concepto científico, un conocimiento cuya comprensión requiere y reclama un modelo mental que permita su interpretación, lo que queda claramente de manifiesto ante la lectura y observación de lo que los estudiantes nos han entregado como expresión y producto de su forma de percibirla y concebirla. Pero la cita precedente no es válida sólo para su uso en este contexto referido a los sujetos de investigación, sino también para la propia investigadora y para el proyecto específico que nos ocupa ya que, como se expresa al comenzar este apartado, lo que se pretende es comprensión sobre los modos de pensar de esos individuos y eso, también, implica en esta perspectiva y desde esta posición interpretación, es decir, construcción de un modelo mental de las entidades o procesos que representan, de sus modelos mentales.

Básicamente, hemos hecho una investigación exploratoria porque partiendo de una teoría, hemos hecho su adaptación al aprendizaje escolar. Como esa teoría no tiene herramientas ni procedimientos adaptados a este nivel y a estas condiciones, hemos explorado unos procedimientos y técnicas de investigación y de diagnóstico que permitieran determinar el alcance de la misma. En definitiva, se ha tratado de ver hasta dónde se puede llegar, hasta dónde se puede llevar en el aula, que es donde formalmente se generan estos aprendizajes altamente estructurados, el constructo de modelo mental y cuáles son sus posibilidades y su utilidad.

Nuestro primer objetivo, de hecho, se centra en explorar el alcance y grado de aplicación de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird en los procesos de aprendizaje de estudiantes de COU relativos a la célula.

De los modelos mentales es de lo que nos hemos ocupado; los modelos mentales de un conjunto de personas es lo que hemos intentado modelizar y analizar porque, efectivamente, los conceptos científicos pueden ser codificados proposicionalmente. Podemos operar, incluso de modo inmediato, sólo con proposiciones sueltas, aisladas, que no podemos integrar en una comprensión global de los fenómenos estudiados, de la teoría estudiada, -analizada- (en nuestro caso, la estructura y el funcionamiento de la

célula) porque ello implica interpretación, porque ello supone el establecimiento de deducciones y de inferencias, la asignación de atributos referenciales, de significados a esas palabras que operan en nuestra mente, en las mentes de los protagonistas de nuestra investigación -de nuestros alumnos- con objeto de aprehender el mundo, de representarlo, de hacerlo semejante a su modo de comprensión; en definitiva, esto es construir un modelo mental que nos permite hacerle frente a esa información nueva, expresada en un discurso codificado que esas mentes tienen que descodificar para comprender y volver a codificar para preservarla, para construir un modelo mejor, una representación que les permita asimilarla y utilizarla en la mejor y mayor medida posible. Y, precisamente, en estos términos, si esa mente sólo es capaz de operar con proposiciones sueltas, aisladas, con poco poder predictivo y explicativo, tendrá menos y peores posibilidades de recuperar dicha información y de usarla en situaciones y en contextos nuevos, diferentes a aquellos en los que se construyeron. Esto es lo que parece que se pone de manifiesto al comparar los modos de operar mentalmente con el mismo contenido de los jóvenes mostrados; es evidente, también, que ello se debe a formas distintas de procesar esa misma información, lo que sugiere que, efectivamente, la mente humana construye modos de representación diferenciados que ejercen una influencia decisiva en los procesos de aprendizaje, como ya se ha comentado, en la medida en que determinan el procesamiento de la información, del discurso recibido.

Hablamos, pues, de representaciones mentales, internas, modos de trabajar mentalmente de un conjunto de estudiantes que inferimos analizando sus representaciones externas, sus formas de exteriorizarlas a través de sus producciones y verbalizaciones. Y parece cierto a juzgar por los resultados obtenidos que esas representaciones internas existen, que están ahí, en las mentes de esos individuos ejerciendo una influencia decisiva en sus modos de trabajar con la información que se les ofrece, condicionando marcadamente su aprendizaje. De hecho, como se ha podido advertir, son múltiples los ejemplos que pueden relacionarse y referirse de que, efectivamente, la mente humana opera mentalmente con un triple código, como Johnson-Laird postula, según el cual se manejan proposiciones, ¡ésas que pueden codificar conceptos científicos pero sin atribuirles comprensión!, modelos mentales, ¡que sí que dotan a sus constructores de la posibilidad de interpretar!, e imágenes como vistas o visiones de aspectos perceptibles desde el punto de vista del observador. ¿Cuándo hemos visto esto? ¿Cuándo se han mostrado evidencias de la existencia de este triple código representacional y de la viabilidad de su utilización como justificación o referencia teórica?

Si nos referimos a las proposiciones, siempre que hemos visto que los jóvenes mostraban ausencia de comprensión, fundamentalmente referida al comportamiento celular, a través de frases sueltas sin sentido, de repetición mecánica de esas proposiciones que no comprendían, de incapacidad para atribuir significados consistentes a las entidades y procesos celulares que manejaban, en el mejor de los casos, codificados proposicionalmente, pero no articulados a la luz de un modelo mental. Si hacemos referencia éstos, cada vez que esos modelos han permitido interpretación, deducción, inferencia, comprensión, en suma, lo que también hemos visto que la presente indagación ha puesto de manifiesto en un abundante número de ocasiones y sujetos, modelos mentales, representaciones cognitivas que en mayor o en menor medida han dotado a sus constructores de una, también, mayor o menor, comprensión, pero entendimiento, en definitiva, y no solamente proposiciones aisladas. Y, por último, centramos la atención en las imágenes que, como se ha demostrado,

suponen también un tipo de representación con el que los sujetos operan mentalmente, si bien, no en todos los casos, una imaginabilidad que no todos desarrollan y que no todos utilizan en sus procesos de razonamiento, pero que no cabe duda de que, como representación, existe, si atendemos a los resultados obtenidos, unas imágenes que, por lo que se ve, en estos sujetos no ejercen simplemente un papel epifenomenológico, sino que actúan en esas mentes con carácter y entidad propia. Por tanto, puede suponerse, pues, que la mente humana opera con proposiciones, con modelos mentales y con imágenes como representaciones mentales, de acuerdo con los postulados de Johnson-Laird, y que la presente investigación da fe de ello cuando el alumnado trabaja con el concepto célula como contenido escolar.

Se ha definido un modelo mental para cada registro analizado porque los modelos mentales se construyen en la hora, en el momento de hacerle frente al mundo que se nos presenta, para darle respuesta a lo que se nos reclama; está claro que se ha hecho una demanda a estos treinta seis sujetos con cada uno de ellos, frente a la que han tenido que recurrir a alguna representación de célula en sus mentes. Si el modelo mental que han construido tiene éxito, lo más probable es que, si no el modelo en sí, sí los elementos o “tokens” que permitan reconstruirlo se guarden en la memoria de largo plazo; y tener éxito significa que es útil para la persona, que le da poder predictivo y explicativo, que le permite dar cuenta de aquello que se ha pedido. Por eso, a medida que avanza el curso, estos estudiantes van construyendo y reconstruyendo -ampliando y reestructurando recursivamente- un modelo mental que se les demanda reiterativamente y que opera sobre los mismos contenidos, los mismos conceptos, aquéllos que capacitan para entender la entidad celular en toda su naturaleza. Lo que pasa es que unos reestructuran más que otros, comprenden más y de mejor manera que otros porque diferencian y reconcilian o, en su caso, (incluso esto es evidente) construyen nuevos conceptos y, sobre todo, asignan y reasignan nuevos significados, de tal manera que la atribución de significado supone la construcción de un modelo mental y ello es así, desde el ámbito de la teoría, porque para asignar ese significado hemos de considerar la referencia de esos conceptos, o sea, sus atributos característicos, su papel, sus elementos, por una parte, y su sentido, por otra, es decir, lo que conecta con la referencia. Si no se le da referencia a los conceptos, a las etiquetas con las que los nombramos, no podemos darle significado, no los dotamos de sus atributos característicos; por lo tanto, no se define su sentido. Y esto es lo que podría justificar esas diferencias observadas en los sujetos analizados.

Como se recordará, Barquero (1995) planteaba que los modelos mentales son referenciales, concretos, simplificados e incompletos, dinámicos y flexibles, análogos y limitados y son éstas características de los mismos que, a nuestro entender, se han puesto claramente de manifiesto en los sujetos estudiados. Los distintos estudiantes reducen la información de manera distinta en función de la relevancia que le asignan. Y esta relevancia asignada depende del modelo mental construido, de manera que si es muy explicativo incorpora más información y de manera más significativa como una representación simbólica del discurso recibido; si es pobre, simple, poco explicativo, asigna menor relevancia y significado, o no asigna, a la misma información, mostrando dificultades para interpretarla en el propio modelo, en la medida en que éste es simple y poco predictivo y explicativo. Para Víctor, Jezabel, Begoña, Ángeles o Yurma, por ejemplo, no es relevante β -oxidación, transferencia de energía o entropía, cadena transportadora de electrones, etc, porque no puede serlo con el modelo que tienen de célula, ya que atiende fundamentalmente a la estructura y, sin embargo para Bibiana,

Remedios, Yanira, Marta, Alejandro o Alfonso, según su modelo, esto es relevante. En este sentido, éstos últimos le dan importancia a estos conceptos y le asignan significado (incluso biológico y coherente desde este punto de vista) mientras que los primeros no. Según Barquero (1995), los modelos mentales “*se transforman progresivamente con la aparición de nueva información relevante*”, de modo que parecen ser esos modelos los que asignan o permiten esa relevancia, aunque quizás habramos de admitir también que el modelo mental es dependiente de la relevancia que se le asigne a la información manejada, de manera que no se han construido otros modelos mentales más consistentes porque estos jóvenes no han encontrado en el contenido trabajado rasgos característicos pertinentes a los que asignarle significado. En todo caso, pues, la relevancia parece tener una doble dirección. Los modelos mentales, así, resultan primordialmente idiosincráticos y manifiestan su carácter psicológico, como muestran los estudiantes, personas que, trabajando con el mismo material, en el mismo contexto, han construido modelos mentales marcadamente diferentes, modelos que están en la base de sus respuestas y actuaciones y, consecuentemente, de sus concepciones, entendidas éstas como elementos a partir de los que se debe construir el aprendizaje. Desde esta perspectiva, la relevancia del estudio de modelos mentales es muy grande y, por ello, abre vías futuras de investigación ya que la resistencia a una evolución o cambio de las mismas encuentra su justificación en el marco de la psicología de la cognición.

Habíamos destacado cuando planteamos la teoría algunos de los principios que Johnson-Laird le había asignado a los modelos mentales. Según el principio de la identidad estructural (nº 9) que hace referencia a que la estructura de los modelos es idéntica a la de los estados de cosas que éstos representan, ya sea percibidos o concebidos, parece evidente que los jóvenes han percibido y concebido células distintas; la misma información se ha procesado de manera diferente, atribuyéndole, por tanto, unas y otras personas elementos (“tokens”) diferentes. Según el principio del constructivismo (nº 3), “*un modelo mental es construido por elementos (tokens) dispuestos en una estructura particular para representar un estado de cosas*”. (Johnson-Laird, 1983, pág. 398), las representaciones de estos estudiantes son personales y muy diferentes, como ha quedado de manifiesto. En aplicación del principio de economía de los modelos (nº 4), “*una descripción de un estado simple de cosas se representa por un modelo mental simple, incluso si la descripción es incompleta o indeterminada*”. (op. cit., pág. 408), se observa cómo los diferentes jóvenes construyen un modelo mental como única salida o solución posible a la interpretación del discurso que reciben y que procesan, precisamente, con el concurso de ese modelo mental construido; pero es un modelo diferente en los distintos casos. Del mismo modo que Álvaro, Remedios, Constanza, Marta, Sagrario, Genoveva o Alfonso, como ejemplos, representan las indeterminaciones estableciendo causalidad y, de esa manera, haciendo simple, más simple para ellos por una cuestión de economía mental, una entidad compleja y abstracta como es la célula, Víctor, Jezabel, Gloria, Miguel, Ángeles, Virtudes y otros, por la misma economía mental y ante la imposibilidad de establecer esa causalidad entre los elementos (tokens), construyen un modelo mucho más simple, una representación de esa misma entidad compleja y abstracta que posee más indeterminaciones y que es bastante más incompleta, hasta el extremo de dificultarles el establecimiento de inferencias, la causalidad. Y una explicación posible a esto guarda relación con otro principio de los que ya hemos reseñado, principio de la formación de conjuntos (nº 10): “*si un conjunto ha sido formado de conjuntos, entonces los miembros de esos conjuntos deben especificarse primero*”. (op. cit., pág. 429). Estos últimos jóvenes no delimitan bien los conjuntos de

entidades físicas de la célula, de propiedades y características de esas entidades y de relaciones entre ambos, en otras palabras, operan en un terreno relacional en el que, a lo sumo, son capaces de relatar los elementos (¡y no todos!) de esos tres conjuntos, pero muestran serias dificultades para llevar a cabo sus interrelaciones, para el establecimiento de inferencias, para la causalidad, en suma, lo que los lleva a construir un modelo mental que refleja la estructura de la célula y no para un funcionamiento de la misma que es, así, pobre e insuficiente en términos explicativos y predictivos.

Como nos decía el principio n° 5 (principio al que Johnson-Laird, como hemos visto, no le asigna un nombre específico, a diferencia de lo que hace con los demás), un modelo mental no puede soportar muchas indeterminaciones, sólo aquellas que sean computacionalmente tratables. Si la información recibida se procesa como un conjunto de indeterminaciones que el modelo no puede integrar, no puede tratar porque no se le asigna significado, no se construye un modelo mental para la misma y el sujeto se queda operando, dentro de sus posibilidades, con proposiciones que son verbalmente expresables, que actúan como frases sueltas que sí puede recordar porque las representa como tales proposiciones pero en un corto espacio de tiempo, no permitiéndole integrar una forma explicativa y predictiva de esa información, con lo cual, no lo capacitan para establecer deducciones e inferencias; no ha construido un análogo estructural del mundo que se le ofrece. Descripciones verbalmente expresables y sin posibilidad de recordar, de recuperar, es lo que parecen haber desarrollado Yurma, Ángeles, Miguel (el conjunto de estudiantes que se ha citado últimamente) en lo relativo al metabolismo, al funcionamiento celular en definitiva, observándose, como hemos visto, que para su estructura operan de hecho con un modelo que aplican, y lo hacen de la misma manera, en diferentes contextos y situaciones. No han podido construir un modelo mental más elaborado, más consistente, más próximo a lo que Norman (1983) considera modelo conceptual (inventados por los profesores e investigadores para facilitar su comprensión o su enseñanza), más explicativo y predictivo de la estructura y el funcionamiento de la célula como un todo porque el principio de formación de conjuntos que comentábamos, digamos, no se está cumpliendo en su construcción mental de esa entidad compleja y abstracta, sobre todo para ellos, que es la célula.

Sin embargo, como se ve, Alfonso, Genoveva, Alejandro, (los otros ejemplos citados anteriormente) parecen tener desde un primer momento bien delimitados esos tres conjuntos, bien definidos sus miembros constituyentes, lo que les permite, por una parte, ampliar dichos conjuntos incorporando a los mismos elementos (“tokens”) nuevos y, por otra, establecer un mayor número de conexiones entre ellos en la medida en que construyen una representación cada vez más completa y más determinada, tan determinada que son capaces de plasmarla desde diferentes puntos de vista en las distintas imágenes que construyen, una representación en la que las inferencias y deducciones son cada vez más evidentes y más consistentes desde el punto de vista biológico, una representación más versátil en términos de causalidad que tiene para ellos un mayor poder predictivo y explicativo; es, consecuentemente, un modelo mental más elaborado, más evolucionado. Estos jóvenes re-presentan la célula a partir de una serie de elementos (“tokens”) que se correlacionan con la célula como entidad real - (¡mundo!)- que disponen de una manera particular, es decir, construyen con esos elementos (“tokens”) su propio modelo, un modelo que hacen rotar con fluidez y que les es útil a pesar de que trabajan, también, como sus compañeros, con indeterminaciones, si bien es cierto que con pocas pues pueden manejarlas haciendo uso del propio modelo; es un modelo que responde al principio de identidad estructural pues conciben y

perciben esa unidad de vida, esa estructura dinámica, elaborando una representación que incluye todos sus elementos (de los tres conjuntos) aunque de manera más simple, lo que guarda relación con el principio de economía de los modelos mentales. Es un modelo que a ellos les permite enfrentarse a nueva información, a un mundo nuevo sobre este tema, y operar/actuar en el mismo en tanto que tienen una representación compleja y completa que actúa como intermediaria, lo que les favorece, entre otras cosas, recuperar esos elementos que precisan a través de la revisión recursiva que ponen en juego; esto es, precisamente, lo que los sujetos del modelo mental A no podían hacer, fundamentalmente para funcionamiento, operando en este aspecto en un terreno proposicional.

Y lo más probable es que todo esto guarde relación con lo que se plantea en el principio nº 6 hasta donde podemos captar el alcance de su significado; podríamos suponer, así, que esa ambigüedad e indeterminación hace que la aplicación de los predicados usados no tenga muy claros los límites en los significados de los diferentes términos que se requieren en las explicaciones y predicciones articuladas en torno a esos predicados; eso es lo que se observa, nuevamente, ante los productos elaborados por personas que piensan en una célula sólo estructural o en una célula-estructura por un lado y en una célula-funcionamiento por otro. Por el contrario, ante registros tipificados como consecuencias de modelos mentales C o D, lo que se detecta es que se produce efectivamente esa atribución de significados porque se delimitan claramente los alcances y límites en la aplicación de los conceptos construidos al efecto como elementos del modelo mental que les atribuye, precisamente, esos significados.

El principio nº 7 expresaba el carácter innato de los primitivos conceptuales y el nº 8 daba cuenta de la forma según la cual se justifica el aprendizaje en la medida en que plantea, como ya se comentara al hablar del nº 2, el carácter finito de los elementos de un modelo mental pero, al mismo tiempo, las múltiples posibilidades de construir conceptos más complejos sobre la base de esos primitivos subyacentes a partir de los que trabajan los operadores semánticos. Es evidente la dificultad que supone y representa detectar esos primitivos conceptuales sobre los que se articula el conocimiento de la entidad celular, su identificación última, como muestran los datos y resultados obtenidos; pero se pone de manifiesto también con esos mismos datos y resultados que hay una serie de elementos conceptuales que resultan claves y cruciales en la construcción de éstos otros más complejos que justifican la comprensión de la célula como unidad de la materia viva. La construcción de esos complejos conceptos es un proceso gradual, como muestran los resultados, que supone la incorporación progresiva de elementos conceptuales a los diferentes conjuntos de entidades, de propiedades y características de las mismas y de sus relaciones e interacciones entre ellas y si no están presentes en la estructura cognitiva esos elementos básicos a partir de los que articular los demás, o sea, esos primitivos conceptuales, lógicamente, aquéllos otros no se construyen o resulta dificultosa su generación. Esto es lo que parece desprenderse de los estudiantes que han construido modelos mentales A -sólo estructurales- o B -duals, es decir, que atienden individual y separadamente a su estructura o a su funcionamiento. Está claro que no podemos decir y que esta investigación no determina, se insiste, cuáles son esos primitivos conceptuales sobre los que se construye un concepto célula, un modelo mental de la misma, biológicamente consistente que dote de comprensión a los individuos que lo generan, pero sí que parece desprenderse de lo que se ha hallado al analizar las producciones y verbalizaciones del alumnado que es preciso estudiar en profundidad y llevar a cabo un riguroso proceso de

análisis y organización del contenido que conduzca a la consideración de secuencias psicológicamente fundamentadas en la presentación de los diferentes conceptos y que, como se ha observado, aborde elementos estructurales, sus propiedades y características y sus interacciones para favorecer el desarrollo de modelos integrados que eviten el problema detectado de una consideración sólo estructural de la entidad celular que representan.

Y, si nos fijamos, hemos hecho uso de nueve de los diez principios que Johnson-Laird le atribuye a los modelos mentales, hemos podido utilizarlos como referencia para interpretar los resultados obtenidos y determinar algunas posibles consecuencias en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Y es que, como expresa el que nos ha quedado (nº 1), disponemos de un constructo, "modelo mental", que nos permite construir e interpretar explicaciones y predicciones acerca del mundo porque echa mano de una maquinaria que puede entenderse en términos computacionales, nivel al que no tenemos que descender para abordar dichas explicaciones y predicciones, comprensión, en definitiva, como evidencian las inferencias y deducciones elaboradas sobre los modos de pensar de treinta y seis personas que han constituido el centro de la presente investigación; hacer descansar las mismas en un mecanismo computacional al que no se tiene acceso y al que no se precisa descender no amenaza la comprensión que sobre dichos mecanismos cognitivos se ha adquirido y encontrado.

Como se ha mostrado en los párrafos precedentes, se han aplicado a casos concretos, a sujetos concretos, los principios que Johnson-Laird le atribuye a los modelos mentales. Al hacerlo, se ha puesto de manifiesto que no son principios teóricos que no sean aplicables sino que, todo lo contrario, son, precisamente, principios prácticos, en la acción, que nos permiten delimitar criterios que faciliten la interpretación de lo que son modelos mentales como mecanismos de representación que la mente humana pone en juego como intermediarios en el procesamiento de la información. Una información, ésta, que es percibida o concebida de diferentes maneras en función de cómo operan esos criterios, de cómo actúan esos principios, y que hace de "modelos mentales" en la perspectiva de Johnson-Laird un constructo plausible, un modelo mental aplicable como intermediario para interpretar las representaciones que el alumnado construye para "representar" la información recibida.

Abordemos ahora la clasificación de modelos mentales; el mismo autor, como se ha expuesto en la fundamentación teórica, ha hecho su propia revisión al respecto después de diez años de trabajos centrados en la teoría que nos ocupa. En un primer momento (1983), Johnson-Laird diferenciaba dos clases de representación: proposiciones y modelos mentales, incluyendo dentro de éstos últimos las imágenes como vistas del modelo, lo que suponía, por tanto, que ese modelo como tal representación mental explicativa y predictiva existía y que, consecuentemente, dotaba de comprensión, un modelo de referencia que posibilitaba, por lo tanto, su interpretación como tal imagen. Posteriormente (1996) se plantea una revisión según la cual las imágenes no siempre constituyen sólo vistas del modelo, sino una tercera vía, un tercer tipo representacional, como se ha comentado, junto con las proposiciones y los modelos mentales, lo que constituye el triple código de representaciones mentales que plantea Johnson-Laird, atribuyendo a los modelos mentales carácter de abstracción y, por ejemplo, la posibilidad de operar con la negación, y considerando la imaginabilidad como una forma de trabajar que no necesariamente representa un modelo mental y que puede favorecer el razonamiento dentro o fuera del mismo. Desde esta perspectiva, *Las*

imágenes representan cómo algunas cosas son vistas desde un punto de vista particular” (Johnson-Laird, 1996, pág. 124) y no suponen necesariamente la construcción o la posesión de un modelo mental explicativo y predictivo del que deriven. El concepto célula es un magnífico ejemplo para cuestionar esa primera consideración que hizo Johnson-Laird de las imágenes según la cual una imagen era una vista, una visión particular de un modelo que, consecuentemente con esto, suponía, por lo tanto, tener construido un modelo. De hecho, parece ser que es eso lo que ocurre con el concepto célula, como decíamos, ya que es muy frecuente que efectivamente se construya una imagen, se tenga esa imaginabilidad, ¡se vea una célula!, como mecanismo para intentar entenderla, pero es una imagen simple, pobre, estática, repetitiva, que actúa en la mente de los individuos que la poseen simplemente como si de una proposición aislada se tratara y que, lógicamente, no supone un modelo mental de la estructura y del funcionamiento celular, lo que representaría comprensión, ni, por supuesto, una visión del mismo. Tener una imagen de célula, cosa que es, por otra parte, muy frecuente, no representa, ni mucho menos, tener un modelo mental suficientemente explicativo de la misma, no supone comprensión de su significado. Parece, pues, más que pertinente la apreciación hecha por Johnson-Laird con respecto a la revisión del concepto imagen como representación mental y un ejemplo magnífico de ello, como decimos, nos lo ofrece la célula.

Si bien parece ser, a juzgar por la investigación desarrollada, que hay ciertos indicios de que el uso de imágenes en los procesos de razonamiento mejora su eficacia en los mismos y, por ende, la comprensión, no se observa esa correlación en los datos y resultados obtenidos en la presente indagación lo que, como ya se ha explicado, conduce a considerar más que necesaria la revisión y el replanteamiento efectuado con respecto a la consideración de las imágenes como clase de representación independiente y no ligada a un modelo mental que, por serlo, supone comprensión. Muchos de nuestros sujetos de investigación, en efecto, hacen uso de esas imágenes pero simples, pobres, estáticas y siempre asociadas a demandas específicas al respecto, lo que ya se ha comentado en el párrafo precedente, siendo muy pocos los que realmente las usan en otros términos más explicativos; éstos últimos lo que sí hacen es echar mano, no de una sino de múltiples, es decir, de muchas imágenes, de muchas vistas, en todo caso, con las que operan también realizando revisión recursiva. En estos casos, ¡pocos!, es cierto, efectivamente esas imágenes favorecen el razonamiento y la comprensión biológica.

Pero célula es un concepto escolar, académico, no es cotidiano, de sentido común. ¿De dónde derivan, entonces, esas imágenes pasivas, estáticas, simples que los jóvenes muestran de célula y que sólo atienden a su estructura? De los materiales curriculares utilizados en las aulas. El uso sistemático de gráficos y diseños, como en este caso, puede ejercer una influencia negativa en los procesos de procesamiento de la información y célula o, cuanto menos, lo que estos estudiantes han exteriorizado de la misma, parece ser un buen ejemplo; esas imágenes, por lo que se ve, están ejerciendo una influencia negativa en la comprensión biológica al frenar o, incluso, imposibilitar la imaginabilidad, la modelización, o sea, la capacidad de pensar en una célula en acción, viva, y no simplemente una estática y pobre estructura que efectivamente no puede dar cuenta de ese carácter dinámico que la define como unidad de vida. Si a eso se añade que la organización más habitual del contenido, como ya se apuntó, responde a un tratamiento descriptivo que primero da cuenta de la estructura y después del comportamiento celular, parecen evidentes y justificados los resultados encontrados. Se derivan, pues, de los mismos consecuencias pedagógicas que conduzcan a un

replanteamiento de dichos contenidos y de la forma de abordarlos en el aula a la luz de lo que supone la información obtenida sobre los modelos mentales de célula que genera el alumnado, de su interpretación sobre los mismos y de la comprensión que acerca de esos modos de pensarla y procesarla ha facilitado, del sustrato psicológico, en suma, que justifica esas respuestas y producciones. En todo caso, es evidente que se requiere investigación específica relativa a estas relaciones modelos mentales/organización del contenido y modelos mentales/modelo metodológico que la presente investigación sólo plantea y señala como aspectos importantes, pero que no constituyen objeto de la misma.

Si continuamos dentro de lo que se deriva de la clasificación de modelos mentales, ya que abordamos la revisión y el replanteamiento que la imagen como representación ha supuesto, se recordará que inicialmente (1983) Johnson-Laird planteaba una primera distinción entre modelos físicos, que atienden a entidades y fenómenos físicos, y modelos conceptuales, referidos a aspectos más abstractos. El trabajo desarrollado con el concepto célula evidencia problemas con esta primera categorización que hizo el autor que, en todo caso, y así se expuso, no fue más que tentativa, por cuanto célula efectivamente es una entidad real, física, que supondría, consecuentemente, un modelo mental físico; pero a juzgar por lo que se ha encontrado en las producciones y verbalizaciones del alumnado, esa entidad está operando en las mentes de estos individuos como una entidad abstracta para lo que requieren, por tanto, un modelo conceptual, modelo que, por otra parte, como tal abstracción, y dadas las características de la entidad que aborda, no pueden verificar, no pueden comprobar directamente sus condiciones de verdad, lo que se deriva de los datos aportados. Por otra parte, tal y como se ha expresado en la contextualización pedagógica, los modelos que generan estos estudiantes provienen del discurso y, por tanto, suponen, como tales, modelos conceptuales. Además, como es el caso presente, célula es un concepto científico y ese carácter requiere y reclama un modelo mental para su comprensión. Se considera, pues, total y absolutamente pertinente la revisión de esta clasificación que, por otra parte, el propio Johnson-Laird ha abordado, pues esa primera tipificación tentativa no ha resultado operativa; y de los registros recopilados, así como del tratamiento que se ha seguido con los mismos, esa necesidad se ve claramente destacada, siendo, por tanto, un buen ejemplo de ello. En esta misma línea, se observa la pertinencia de perfilar con detalle cuáles son los elementos que la mente humana construye para comprender los diferentes conceptos científicos que pretende aprehender y, por tanto, los modelos mentales que genera para ello (terreno psicológico), analizando los modelos conceptuales, en términos de Norman, (terreno curricular) para sobre eso establecer clasificaciones más eficaces y útiles en términos pedagógicos, es decir, en lo que se refiere a las consecuencias que de ello puedan derivarse de cara a la enseñanza y al aprendizaje.

Dediquemos un espacio ahora a los modelos encontrados, así como su evolución, lo que constituye los objetivos segundo y tercero de la presente indagación. ¿Por qué son éstos cuatro, a los que hemos denominado A, B, C y D modelos mentales? ¿Por qué se han catalogado como tales?. “*Los modelos contienen elementos abstractos pero no pueden visualizarse y no corresponden a una única situación sino a una clase de situaciones y en algunos casos a un conjunto de casos*” (Johnson-Laird, 1996, pág. 93). Los cuatro modelos definidos lo son porque contienen elementos abstractos, cuanto menos, en la mente de los estudiantes, ya que célula, incluso siendo una entidad física, real, es un concepto científico, una construcción de la Biología -su estructura y ¡sobre

todo! su funcionamiento son abstractos-; además, su conocimiento y su aprendizaje por parte del alumnado provienen del discurso lo que, como se recordará, desde la propia teoría supone y requiere la construcción de modelos mentales por su alto grado de abstracción. El funcionamiento supone para muchos jóvenes descripciones indeterminadas, lo que los lleva a tratar de recordar representaciones proposicionales del mismo y eso es repetición mecánica de información con un discurso que puede ser más o menos coherente, como ya se ha visto (si es un discurso simple y pobre nos conduciría a un modelo mental A y si es coherente y con aplicación de los conceptos manejados, modelo mental B) y que, por ser así, los induce a cometer errores biológicos porque *“las representaciones proposicionales conducen a una pobre memorización* (op. cit. pág. 97). Como muestran los datos, efectivamente, la célula es representada en todos y cada uno de los trece registros de todos y cada uno de los treinta y seis sujetos; y representar la célula, por su carácter abstracto, supone un modelo mental de la misma que, como evidencian los hallazgos presentados, puede considerarse dentro de los cuatro modelos tipificados que lo son, además de por su carácter y capacidad de trabajar con la abstracción, porque *“los modelos no permiten reconstruir unívocamente las premisas de las cuales se derivan”* (op. cit., pág. 110). Los cuatro modelos mentales detectados permiten a los sujetos que los han construido explicaciones y predicciones con más o menos fortuna, es decir, con mayor o menor éxito o coherencia científica, pero en ninguno de los cuatro, los sujetos que los han generado pueden reconstruir las premisas de las que partieron para construirlos; ellos no saben cómo los construyeron: viendo, leyendo, repitiendo, etc, pero no reconocen las premisas y los presupuestos iniciales, no identifican las representaciones proposicionales de las que partieron, como señalan la mayoría de los jóvenes en las entrevistas de final de curso.

Cuando operan en el funcionamiento de la célula con representaciones proposicionales, o sea, modelo mental A que sólo atiende a su estructura, como las proposiciones no son analógicas, no se las pueden imaginar, no las pueden modelizar, ¡no tienen análogo! para el funcionamiento; sólo lo pueden representar con frases sueltas, como ya se comentó, y, por tanto, no pueden deducir e interpretar y generalmente ni siquiera -¡porque no tienen análogo para este aspecto!- pueden establecer una analogía que suponga algún dinamismo o comportamiento. No basta con representar el conjunto de “tokens”, no es suficiente con representar los elementos celulares; eso nos lleva sólo a su estructura y, en todo caso, un simple “huevo frito”, sino que se deben también representar relaciones, atributos, acontecimientos, o sea, propiedades y características de esos elementos y relaciones e interacciones entre ellos, ya que la mente para asignar significado lleva a cabo un tratamiento correferencial, que es lo que dota a los individuos de comprensión. Si sólo se representan elementos de un conjunto, esa representación será sólo parcialmente isomórfica y, por tanto, parcialmente predictiva y parcialmente, también, explicativa, ya que no se corresponde [exactamente ni se acerca] a la entidad que pretende representar; no es más que parcialmente analógica a la célula que como mundo real el trabajo escolar presenta. Eso es lo que parece derivarse de los estudiantes que han generado modelos mentales A o B; se percibe y/o se concibe, así, una célula que no da cuenta de toda la complejidad que biológicamente la caracteriza y la define en función de esos atributos que la ciencia le asigna.

En los cuatro modelos mentales (A, B, C y D) puede haber imágenes porque *“las imágenes son representaciones de aspectos perceptibles de una situación desde el punto de vista de un observador”* (op. cit., pág. 93). Lo que ocurre es que son imágenes muy

distintas. La imaginabilidad de los modelos mentales A, B y C es estática y diferente entre ellos; los modelos A y B tendrán imágenes muy pobres (más en el modelo mental A que en el B) e incompletas, pero todas estáticas y librescas o, incluso, en el modelo mental A no se generan imágenes ni este modelo opera con ellas. Un modelo mental C habitualmente opera también con imágenes estáticas y simples, pero suelen incorporar más elementos conceptuales que los observados en los modelos mentales anteriores e, incluso, ante la baja o ausente imaginabilidad, se recurre a añadir frases y explicaciones que es con lo que generalmente opera este modelo mental. Y el modelo mental D es un modelo que representa muchos aspectos perceptibles, y de estructura y de funcionamiento, porque percibe todos esos aspectos y los percibe porque tiene, como en el caso del modelo mental C, un modelo global que utiliza en este caso con múltiples imágenes, que puede imaginar y visualizar todos esos aspectos perceptibles, puede incluso hacer y plasmar revisión recursiva con los mismos y no sólo a través del discurso.

De lo anterior se desprende que la tipificación de modelos mentales relativos a la célula que se ha desarrollado es consistente con la fundamentación teórica que guía la presente investigación y que, como modelo mental construido desde la misma, permite comprender los modos de pensar del alumnado acerca de dicho concepto, los modelos mentales que han ido construyendo a lo largo del curso escolar en el que estos estudiantes han trabajado con este contenido, una tipificación que se desprende y deriva directamente de los materiales que éstos han aportado y en la que son éstos los modelos mentales que se han encontrado que les permiten los diferentes grados de comprensión ya expresados.

Los modelos mentales son representaciones analógicas. Son análogos estructurales del mundo construidos en la mente de las personas para poder interactuar en él y con él, para comprenderlo, para interpretarlo, para descodificarlo y volver a codificarlo dentro del propio modelo; los modelos mentales así contemplados son las estructuras que permiten a nuestra mente establecer deducciones e inferencias, que nos ofrecen poder explicativo y predictivo, que justifican la funcionalidad de nuestras representaciones. La construcción de un modelo mental nos dota, precisamente, de ese poder explicativo y predictivo porque ese modelo es susceptible de ser ejecutado, es previsible el resultado de lo que ocurre cuando lo ponemos en acción, cuando lo ponemos en juego y lo hacemos actuar; eso es rotar el modelo. Y podemos definir "a priori" cómo va a rotar un "modelo mental", cómo se va a ejecutar, podemos asignarle ese carácter previsible porque su construcción y su ejecución responden a un mecanismo básico de "revisión recursiva" que opera por diferenciación/reconciliación como "procedimiento efectivo" que puede justificarse en función de la consideración de una "mente computacional".

Una explicación como la expuesta, claro está, evita toda posibilidad de explicaciones sobre la mente apoyadas en ingredientes mágicos y hace de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird una teoría científica de la mente adecuada explicativamente, lo que justifica su elección como marco teórico de referencia. Ese carácter no sólo explicativo de los modelos mentales que nos permite, de momento, entender y comprender cómo se piensa la célula, sino también predictivo de los mismos, ya que responden a y operan con procedimientos efectivos como procesos predecibles o, cuanto menos, de resultados previsibles, de modo que puedan establecerse deducciones e inferencias sobre sus comportamientos, deriva y nos lleva a la necesidad de ver, de

anticipar, cómo se ejecutarían esos cuatro modelos detectados, ya que como modelos mentales que son, tienen, también, como se ha expresado, poder predictivo. ¿Y cómo podemos calibrar esto? ¿Qué se puede hacer para valorar esa capacidad de predicción inherente a los modelos mentales que justifica los procesos de razonamiento y de deducción? Nuevamente nos situamos en un doble nivel, el de las representaciones mentales generadas por el alumnado para aprehender el contenido relativo a la célula como mundo real, por una parte, y, por otra, el del investigador que pretende comprensión al respecto generando, también, un modelo mental sobre esas representaciones que tenga, por tanto, poder explicativo, que ya se ha expuesto, y predictivo, ejecutándolo para valorar la validez de las predicciones; para ello se recurre a anticipar o prever cuáles serían las respuestas posibles de todos y cada uno de los modelos mentales de célula hallados a la misma cuestión: ¿Qué explicaciones podemos dar en este momento a la estructura y al funcionamiento de una célula?. Veamos cuáles serían esas respuestas, es decir, cómo rotarían los distintos modelos mentales de célula definidos.

Es previsible que cuando se genera un modelo mental tipificado como A para la célula, esa respuesta se caracterice por incorporar aspectos sólo estructurales, si es que hay respuesta coherente; es previsible, también, que se haga un uso mayor de conceptos estructurales que comportamentales o, incluso, sólo estructurales; es lógico, así mismo, que no se atienda a la segunda parte de la cuestión anterior o que se presenten incoherencias, definiciones ausentes de significado o frases sueltas. Con una representación mental semejante, como es lógico, resulta difícil delimitar los registros y datos que permiten dar cuenta de dicha cuestión, así como los principios teóricos y teorías científicas a la luz de las que interpretarlos.

Si el modelo mental que se genera al trabajar con el concepto célula es B o lo que se ha llamado dual, es esperable que se den respuestas que o bien se centran en estructuras o bien en funcionamiento, pero que no traten indistintamente ambos aspectos ni de manera global; es previsible que la integración estructura/función no se detecte y, también, es probable que estos individuos que construyen un modelo tal aborden, como se ha dicho, por separado ambas vertientes, pero que comiencen a tratar en primer lugar su estructura. Con una representación mental como la expuesta es fácil adivinar que se recurra a frases sueltas no articuladas como discurso cuando se aborden aspectos fisiológicos y que en las mismas el uso de conceptos específicos de comportamiento sea más abundante que en el modelo mental anteriormente comentado, pero con una atribución de significados biológicamente aceptados deficiente o insuficiente.

Cuando se genera un modelo mental C de célula es bastante probable que las respuestas posibles a la cuestión anterior aborden una integración estructura/función de los elementos y procesos celulares, estableciendo causalidad, por ejemplo, detectable en términos temporales y espaciales; es dable también anticipar que estos sujetos recurran al discurso para dar cuenta de la misma en su respuesta, echando mano de explicaciones más extensas y no sólo del uso de frases sueltas, ya que, por haber desarrollado comprensión global, a través de esa causalidad, esas frases se interpretan y adquieren significado a la luz de este modelo más explicativo. Estos individuos posiblemente sepan y puedan identificar con mayor facilidad los registros y los datos que permiten apoyar dichas explicaciones, así como los principios y teorías que les sirven de referencia en los mismos y, consecuentemente, utilizarán un mayor número de

conceptos específicos que, lógicamente, habrán construido. Podrán, por tanto, deducir biológicamente extrayendo de esos datos y con ese referente teórico conclusiones biológicas pertinentes sobre la entidad celular que representan.

Al generar un modelo mental D, causal-imagístico, se observará que la respuesta a aquella cuestión manifestará la misma causalidad y las mismas características que en el modelo mental C, pero con algunas diferencias; el hecho de que la imaginabilidad sea alta y que, por ello, se razone con el concurso de imágenes hará posible que se visualice una célula en acción a través de múltiples vistas, muchas imágenes, y eso permitirá a sus usuarios una capacidad explicativa y predictiva similar a la del tipo anterior pero, además, con un alto grado de síntesis, lo que se plasmará en esa misma integración estructura/función, pero sin la necesidad de recurrir tanto al discurso. Podrá detectarse también el uso de esas imágenes incluso directamente, en función de los registros y datos en los que se apoyan esas explicaciones y predicciones.

Si estas diferentes respuestas son posibles en función del modelo mental construido para célula, si efectivamente estas distintas representaciones mentales rotan como está previsto se habrán definido de manera eficaz esos cuatro modelos mentales explicativos y predictivos en los términos expresados por Johnson-Laird. Si estas predicciones son correctas, es decir, si se observan evidencias de su ejecución por parte de los individuos estudiados tal y como se ha previsto, se habrá aportado una categorización consistente con este presupuesto teórico que define esos cuatro modelos como modelos mentales de célula y, por tanto, como válidos y fiables. “Si la teoría es correcta”, como muchas veces comenta el autor, los modelos mentales son representaciones cognitivas que se generan para aprehender el mundo que tienen carácter explicativo y predictivo; y si eso es así, desde la perspectiva de la propia investigadora, los cuatro modelos mentales hallados tendrán que explicar y predecir en los términos expuestos. La observación de las producciones y verbalizaciones del alumnado investigado, así como las interpretaciones hechas sobre las mismas, evidencian y validan dichos modelos dando cuenta de su poder explicativo y mostrando que las predicciones también son correctas, ya que se observan, efectivamente, esos patrones comunes de respuesta de individuos considerados en cada una de las categorías o modelos mentales definidos.

Estos modelos mentales de célula que se ejecutan de la forma expuesta, permitiendo las explicaciones y las predicciones que se han encontrado están en la base, como se ha visto, de las respuestas y productos que el alumnado genera; consecuentemente, son el soporte que determina las concepciones que estos sujetos manifiestan como sustrato psicológico de las mismas. Se establecen diferencias, pues, entre concepciones alternativas (y sus sinónimos y similares) y modelos mentales. Las concepciones son descriptivas -¡están ahí!- para organizar el aprendizaje a partir de ellas; han funcionado como catálogos o, cuanto menos, su indagación así ha sido, como ha demostrado la investigación educativa desarrollada. Los modelos mentales son constructos psicológicos: no sólo se dice que están sino que se dan explicaciones de cómo se construyen, cómo se generan, cómo se ejecutan y cómo evolucionan. En este sentido, por detrás de las concepciones alternativas, como producto, están los modelos mentales que las generan y que son elementos psicológicos que dan cuenta de cómo opera la mente para ello, son los que explican, precisamente, esas concepciones. Podría, entonces, buscarse una relación entre cada uno de aquellos modelos y posibles concepciones o aquéllas que son más frecuentes mostradas por los alumnos que operan

con cada uno de ellos. Desde esta perspectiva, cuando no hay modelo global de estructura y funcionamiento celular como un todo, no hay comprensión de lo que ocurre en la célula, no se tiene un modelo que permita explicar lo que pasa en ella, no hay causalidad; al no tener modelo de comportamiento, es muy probable que se cometan errores biológicos del tipo: secreción/excreción, fotosíntesis/respiración celular, anabolismo/catabolismo, mitosis/meiosis, pared celular/membrana plasmática, no presencia de mitocondrias o errores en la función de mitocondrias/cloroplastos, es decir, no se sabe el significado biológico de estos procesos y/o la función biológica de estas estructuras, no se le atribuye sentido científico ni relevancia. Si además no se pueden ubicar correctamente, no se saben localizar en la célula, lo más probable es que sea consecuencia de que no se tiene un modelo mental de funcionamiento celular, de relación entre distintos orgánulos y moléculas, de sus características y propiedades y sólo se esté operando con las estructuras; esto conduciría a errores conceptuales y concepciones relativas a localización incorrecta de procesos o a confusiones relativas al sentido biológico de los mismos. La construcción de conceptos relativos a propiedades y características de los elementos (2º conjunto) y a relaciones e interacciones entre ellos (3º conjunto), si es que se produce, será difícil y problemática con un modelo mental sólo estructural de la entidad celular y, consecuentemente, su comprensión muy limitada, sólo relativa al sustrato físico que la define (imágenes de “huevo frito”). Un modelo semejante imposibilita, como es lógico, el establecimiento de deducciones e inferencias e impide la generación de análogos que supongan dinamismo. Cuando los estudiantes operan en el funcionamiento de la célula con representaciones proposicionales, o sea, modelo mental A, como las proposiciones no son analógicas, no se las pueden imaginar, no tienen análogo para el comportamiento; sólo lo pueden representar con frases sueltas y por eso no pueden deducir e interpretar y, generalmente, ni siquiera, ¡porque no tienen análogo!, pueden establecer esa analogía que tenga o refiera cierto dinamismo.

Cuando se genera un modelo mental dual o B, como se recordará, se ejecuta una célula-estructura, por un lado, y una célula-funcionamiento, por otro, de tal manera que estos individuos son incapaces de establecer causalidad y, por tanto, integración estructura/función; lo que sí hacen es pensar o bien en la estructura de una célula o bien en su comportamiento. Lógicamente, podemos relacionar también un modelo mental como el descrito con concepciones alternativas encontradas en el alumnado que, como se sabe y ya se ha expresado, condicionan el aprendizaje y, por tanto, la comprensión. Como idea alternativa o concepción más frecuentemente asociada a este modelo mental B (-nivel psicológico-) se observa una consideración de un funcionamiento-suma de la célula, según el cual se detecta, como se ha expuesto, ausencia de causalidad de una entidad, -una cosa-, global, única y se recurre a la suma de partes y de procesos, es decir, a un catálogo de orgánulos y estructuras, por un lado, y a la atribución de su papel o función biológica, por otro; son ejemplos de ello todos esos casos en los que los sujetos expresan esas relaciones e incluso comentan que saben lo que hace cada orgánulo pero que no lo pueden modelar, no pueden establecer relaciones e interconexiones entre esas partes, no pueden generar una célula en acción, mostrando, por ejemplo, errores en el orden o secuencia de los procesos celulares. Y, como es lógico, sus inferencias y sus deducciones son pobres, evidenciando dificultades y problemas en la aplicación de los conceptos correspondientes y recurriendo, por ejemplo, al uso de analogías referidas a algo dinámico para expresar su idea de comportamiento, pero analogías que son muy genéricas y en las que se detectan difícilmente los conceptos biológicos; se deduce, pues, que cuando el sujeto es capaz de

establecer ese símil o de recurrir a un dispositivo analógico que se caracteriza por su dinamismo o comportamiento, se mueve en o trabaja con un modelo mental, como mínimo, dual si al hacerlo no establece causalidad.

Los modelos mentales C y D suponen y reflejan, por sus características y peculiaridades, concepciones que son biológicamente significativas y consistentes, aceptadas científica y contextualmente, por lo que no se asocian a errores conceptuales de manera directa. En ambos casos se produce progresivamente un enriquecimiento y evolución conceptual que supone atribución de significados aceptados a los conceptos que se aprenden, de sentido biológico a los elementos de aquellos tres conjuntos que se van construyendo y esto se hace, en el caso de célula, fundamentalmente, porque se construyen de manera psicológicamente significativa conceptos, elementos, del segundo y, sobre todo, del tercero de aquellos conjuntos, es decir, se establecen múltiples y variadas relaciones e interacciones entre los mismos que facilitan la comprensión y favorecen el aprendizaje.

La caracterización de los tres conjuntos de entidades, de propiedades y características de las mismas y de sus relaciones que plantea Johnson-Laird como conjuntos de elementos correspondientes en los modelos mentales que los representan, y su reformulación para el contenido celular como conjuntos de orgánulos y moléculas, de propiedades y características físico-químicas de los mismos y de relaciones e interacciones entre ellos -o sea, procesos dinámicos-funcionamiento- se ha mostrado eficaz para explicar y tipificar los modelos mentales de célula hallados. La profundización en esta línea de trabajo podría resultar fructífera ya que podrían derivarse de ello consecuencias pedagógicas y curriculares. Parece probado que se muestran mayores dificultades de aprendizaje y de integración de las vertientes estructural y funcional de una célula, o sea, el tercer conjunto, si no se tienen construidos (representados) los conceptos que constituyen los conjuntos anteriores. Desde la perspectiva de la organización del currículum, y en relación con lo anterior, es comprensible que la adquisición de un principio requiera previamente el manejo de los conceptos que éste relaciona. Esa integración, esas relaciones e interacciones se establecen de manera progresiva y se favorecen, a juzgar por los resultados obtenidos, cuando se llevan a cabo sucesivas aproximaciones que obliguen a incorporar e integrar ambos aspectos o vertientes (estructura y comportamiento).

Tal y como Norman (1983) planteaba, los modelos mentales no son pulcros y elegantes y los hallazgos encontrados dan fe de ello, ya que efectivamente son enlodados, son incompletos y estructuras indistintas que las personas -estos jóvenes- tienen. Se han mostrado resistentes, han variado, han evolucionado en un sentido o en otro, es decir, ha habido avances y retrocesos a lo largo del curso en la línea de construir una representación científicamente más consistente, han mostrado en distintos estudiantes ritmos diferentes, etc. Son, como se ha expresado, las representaciones que este alumnado ha generado en cada momento y el procedimiento de análisis seguido parece mostrarse apropiado para su estudio y parece, también, dar cuenta de ello. Hemos, pues, elaborado un esquema de análisis de las producciones y verbalizaciones de los estudiantes que facilita la comprensión y la interpretación de las representaciones del alumnado relativas a la célula, lo que da cuenta del último de nuestros objetivos de investigación.

Esa forma de representar, como hemos tenido ocasión de mostrar, es producto de un proceso mental complejo, proceso de cognición que es extraordinariamente rico como rico debe ser el procedimiento que aporte los datos que nos permitan, si no determinarlo, sí hacer inferencias de cómo se produce; y el enfoque de estudio de casos, como hemos tenido ocasión también de observar, se ha mostrado fructífero en este sentido. A pesar de la dificultad que Caravitas y Tonucci (1988) expresaban y de la que el presente trabajo es un ejemplo, es posible encontrar criterios comunes en esos productos elaborados por los estudiantes, categorías de análisis que faciliten la comprensión, como investigadores y como docentes, de sus estructuras mentales; esos criterios comunes, esas categorías de análisis guardan relación con la significatividad en el uso de los conceptos, con la utilización mecánica o autónoma de los mismos, con la calidad del discurso y, consecuentemente, de la información, con el establecimiento de deducciones e inferencias, con la organización, etc, y esto es aplicable a diferentes producciones y actuaciones de los estudiantes, de las personas.

De este modo, y usando el referente teórico expuesto, se han encontrado aquellas pautas que buscábamos para obtener una formación y una información más satisfactoria sobre las representaciones del alumnado que nos permita superar los obstáculos y las dificultades de nuestros estudiantes frente al aprendizaje. Como científicos, y una vez descartada la pretensión de encontrar con claridad y facilidad esos modelos mentales de las personas, debemos desarrollar métodos experimentales apropiados, como Norman (1983) recomendaba. El esquema de análisis propuesto se ha mostrado eficaz en este sentido al especificar los niveles (selección, uso, imágenes), los criterios contemplados (frases, calidad del discurso, uso de la información, interpretación, deducción, jerarquización, significatividad, recurso analógico) y las categorías dentro de los mismos. Hemos trabajado en el terreno psicológico, corresponde ahora aplicar este conocimiento y estas posibilidades en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, tener en cuenta este bagaje para articular la organización del contenido y las estrategias más adecuadas para conseguir que estos jóvenes construyan en la escuela las representaciones mentales que el sistema educativo pretende, o sea, pensar y repensar desde esta perspectiva pero como paso posterior, en el nivel pedagógico. Los datos expuestos no dejan lugar a dudas sobre el papel que estas representaciones tienen en esos procesos de aprendizaje y su influencia en los mismos, su carácter idiosincrático. Disponer de esta información para articular la docencia y tratar en la misma con esas diferentes formas de pensamiento es crucial si lo que se pretende es desarrollar aprendizajes significativos científicamente aceptados y en las páginas precedentes se ofrecen indicios y pautas para llevar a cabo esta tarea. Como investigadores y como docentes estamos obligados a conocer esas representaciones y estudiarlas bajo la forma de estudio de casos con el protocolo presentado parece abrir una vía utilizable para abordar esta tarea.

Surge, además, del trabajo realizado una recomendación metodológica referente a las fuentes de recogida de información utilizadas. Se desprende de los resultados obtenidos que los registros de mayor valor diagnóstico son los cuestionarios, los mapas conceptuales, el símil y el dibujo, observándose que la entrevista tiene básicamente valor confirmatorio. El proceso diagnóstico de representaciones mentales haciendo uso de un instrumento de recogida de información que combine estos aspectos será, por lo tanto, eficaz, cuanto menos, confiable y contrastable y nos permitirá extraer información de cara a su interpretación. Efectivamente, combinar distintas perspectivas de análisis, diferentes momentos, variados instrumentos y actividades ha ofrecido como conjunto

una información muy valiosa que supera la obtenida con un único instrumento en una acción puntual y que permite y favorece el conocimiento y la interpretación de esas representaciones.

Resulta comprensible, pues, a raíz del análisis de los estudiantes con los que se ha trabajado, la dificultad que entraña la entidad "célula" y su papel vital en la conceptualización biológica, así como la construcción de una representación más coherente y explicativa que favorezca un aprendizaje significativo científicamente aceptado de la misma, un aprendizaje que no puede producirse, que no puede vencer las concepciones erróneas, incompletas y no aceptadas si no se atiende a esos modos de representación que están detrás de las mismas como sustrato psicológico del proceso de cognición. Y "modelos mentales" como forma de explicar esas representaciones resulta un constructo comprensible, plausible y fructífero porque explica y fundamenta ese proceso de la cognición humana y ofrece pautas sobre cómo desarrollarla, cómo hacer que ésta evolucione, en definitiva, cómo, a partir de su conocimiento, generar aprendizaje, un aprendizaje que, efectivamente, sea significativo y cuya significatividad está psicológicamente argumentada. Nuevamente, nos planteamos la necesidad, pues, de dar el siguiente paso y pasar a la acción, al día a día del aula, como consecuencia del conocimiento obtenido, abordando a partir de aquí y de ahora las estrategias pedagógicas necesarias y suficientes para ello. Los procesos psicológicos de procesamiento de la información cuya interpretación se ha descrito en las páginas precedentes dan algunas pautas al respecto, por ejemplo, en lo que se refiere a la necesidad de construir ciertos conceptos antes que otros, pero, en todo caso, eso supone líneas de trabajo posteriores que se espera que se desarrollen en el futuro para conectar la investigación educativa con la labor profesional docente.

Abordemos ahora las posibilidades y limitaciones que se le habían atribuido a la Teoría de los Modelos Mentales cuando se presentó su justificación teórica para ver qué es lo que esa revisión nos ofrece; no se pretende otra con ello que, nuevamente, llevar a cabo una vuelta atrás a la luz de los resultados obtenidos y de la discusión que sobre ellos se está generando, una revisión recursiva, en definitiva, que nos permita, como procedimiento efectivo, dar cuenta de lo que la presente investigación aborda en este sentido y desde esta perspectiva, en suma, de hasta dónde se ha llegado haciendo uso de este referente teórico en un caso concreto, en una experiencia específica, para analizar con ello su validez como referente. Y, como se recordará, en aquel espacio no se pretendía hacer un inventario exhaustivo, sino solamente ofrecer un conjunto de reflexiones sobre lo que la teoría reporta y aporta que ahora rescatamos pero no en términos teóricos, sino desde el terreno de la acción, desde lo que su puesta en práctica ha supuesto. De todos y cada uno de los puntos reseñados en aquel apartado ya se han ido haciendo comentarios al discutir los resultados obtenidos en los párrafos precedentes, ya que guardan una estrecha relación con los puntos ya discutidos; pero como posibilidades y limitaciones se trataron y, por ello, conviene volver a ellos recursivamente, a modo de síntesis. Obligado es, por tanto, que comencemos otra vez por la consideración de una mente computacional que, como ya se ha expresado, no amenaza nuestra comprensión del comportamiento de la mente; ya se abordó su discusión cuando se comentó el principio número uno que hace referencia a ello. Es, como ya se ha visto, un terreno, un nivel al que no se tiene acceso y los datos así lo corroboran, pero también al que no hace falta descender; se trata simplemente de una explicación posible sobre ese funcionamiento mental que, como modelo que dota de comprensión al respecto, nos permite predecir y explicar, lo que ya se ha mostrado, la

forma según la cual el alumnado hace lo propio con contenidos específicos que la escuela ofrece para su aprendizaje. Y teniendo en cuenta el funcionamiento del sistema nervioso, eso como explicación es plausible, del mismo modo que lo es la consideración de todo el sistema como un ordenador, la metáfora del computador para la comprensión de los procesos de procesamiento de la información. Su aceptación no plantea ningún problema y de lo que se ha encontrado no se desprende nada que obligue a su reconsideración como tal modelo explicativo y predictivo, pues ha mostrado ser eficaz, útil, tener éxito.

El innatismo fue, como se recordará, el tercer elemento controvertido. Es evidente que la investigación no ha aportado cuáles son esos primitivos conceptuales sobre los que se articula y genera la construcción de un modelo mental de célula, independientemente de que sea científicamente aceptado o no; pero queda claramente de manifiesto, también, que deben estar ahí, en esas estructuras cognitivas, del mismo modo que se observa nítidamente que es viable la forma de generar, sobre esos primitivos, otros conceptos que aportan y suponen comprensión, aprendizaje, en suma, por incorporación de nuevos elementos a los tres conjuntos de los que Johnson-Laird habla y que dan cuenta del mismo. Habría que plantearse, pues, si es necesario y si es posible abordar ese nivel de los primitivos conceptuales que conducen a una comprensión aceptable del concepto célula y, en todo caso, parece guardar relación directa con la determinación de los conceptos-clave que permitirían ese poder explicativo y predictivo, lo que nos conduce a la necesidad, nuevamente, de relacionar el nivel psicológico con el curricular a través de un adecuado análisis del contenido que se aborda en las aulas.

La clasificación de modelos mentales fue otro punto discutible y ya este aspecto se ha tratado. Aquella primera tipificación que sólo fue tentativa se mostró limitada y no dio cuenta de lo que se requiere de una categorización al respecto, lo que condujo incluso a su autor a su replanteamiento, como hemos mostrado. Cabe la posibilidad, cuanto menos así se intuye, de que esa clasificación deba abordarse, como se discutía en el apartado anterior, de manera específica en función del contenido tratado y no en términos genéricos, o no solamente en ese sentido, si lo que se quiere es adquirir comprensión sobre los modos de pensar en conceptos científicos del alumnado y relacionar esto -como sustrato de sus concepciones alternativas- con los procesos de aprendizaje de cara a su mejor y mayor eficacia.

Y en términos metodológicos se planteaban algunas cuestiones: ¿a qué es aplicable la teoría? ¿a quiénes? ¿sostiene su aplicación a condiciones naturales de aula? ¿y con qué protocolos, con qué procedimientos? Ciertamente es que las referencias bibliográficas manejadas relatan experiencias que podrían considerarse de laboratorio, con procedimientos controlados consistentes con la fundamentación que los soporta, pues deben ser susceptibles de ser implementados por una máquina. La investigación desarrollada y relatada en estas páginas se entiende que responde a las cuestiones anteriores, que en un principio suponían limitaciones de la Teoría, y que lo hace positivamente en el sentido de que demuestra su utilización como fundamentación teórica en condiciones normales, con estudiantes normales, en contextos normales y que da cuenta también en estas condiciones de comprensión sobre los modelos mentales de esos sujetos, alumnos habituales de cualquier aula en cualquier centro. Ante la insuficiencia de la información obtenida en términos descriptivos sobre las concepciones alternativas, de lo que nos dio cuenta la revisión planteada en el capítulo

primero, se hacía necesario para el trabajo docente buscar explicaciones y predicciones sobre lo que estaba por detrás de las mismas y esta teoría, a juzgar por los hallazgos presentados, da cuenta de ello, una teoría, por tanto, que no sólo admite su aplicación a situaciones controladas, sino también a lo que es el sistema-aula, natural, en toda su riqueza y que da cuenta de ello. Por tanto, la investigación desarrollada da respuestas a las cuestiones anteriores y las da porque se dio con un protocolo, con un procedimiento que permite extraer información de lo que se desprende de la forma de pensar de esos estudiantes, haciendo lo que habitualmente se hace en esas aulas en las que y con el contenido con el que estudian y trabajan para su aprendizaje.

¿Supone esta indagación validación empírica en el seno de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird? ¿Aporta evidencias y ejemplos para su contrastación? Los resultados obtenidos así parecen indicarlo. ¿Qué ha supuesto su uso como referente teórico de la presente investigación? Una extrema complejidad y ahí están los datos obtenidos y toda su historia para corroborarlo. Fue una apuesta arriesgada, fuerte y peligrosa utilizar esta justificación teórica aplicada durante tantos años en contextos controlados a lo que era el trabajo diario, el día a día de un profesor concreto con unos jóvenes concretos en una disciplina concreta. De hecho, ya se ha comentado, son muchos los años que han pasado desde que surgió la teoría y es ahora, una vez que han sido insuficientes las explicaciones relativas a las concepciones, cuando se pretenden otras formas de abordarlas y se desciende al terreno psicológico como sustrato de las mismas. Ha supuesto, por lo tanto, muchos problemas, muchas revisiones, muchas diferenciaciones y reconciliaciones hasta dar con un procedimiento que permitiera extraer información al respecto que se fue haciendo sobre la marcha, poco a poco, un proceso que permitiera integrar y globalizar el terreno psicológico (Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird) y el terreno pedagógico en un doble nivel: los procesos de aprendizaje (Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, Novak y Gowin) articulados sobre un currículo concreto (Teoría de la Elaboración de Reigeluth, Merrill y Bunderson). Y supuso, sobre todo y por encima de todo, comprensión sobre lo que ocurre en las mentes de estos estudiantes cuando se enfrentan a la célula como contenido, ya que ha aportado explicaciones y predicciones sobre sus modos de pensar al respecto, explicaciones y predicciones (en términos de Johnson-Laird) -modelos mentales del investigador- que, lógicamente, tienen consecuencias pedagógicas, como se ha comentado, y ha quedado claramente de manifiesto en las producciones y verbalizaciones, así como en su interpretación, del alumnado.

A raíz de lo expuesto, ¿se han construido y, en su caso, han evolucionado los modelos mentales relativos a la estructura y al funcionamiento celular a partir de la información, del discurso trabajado en el aula? ¿Le hemos dado respuesta en estas páginas a esta cuestión? Si es así, habremos favorecido que se generara algún conocimiento en estos estudiantes, en nuestros sujetos de investigación, y habremos generado, también, conocimiento acerca de sus modos de operar mentalmente, de sus modelos mentales, construyendo nuestros propios modelos mentales sobre los mismos.

CONCLUSIONES.

1.- La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird ofrece explicaciones y predicciones comprensibles, plausibles y fructíferas para el estudio de las representaciones mentales generadas por el alumnado relativas a la célula.

2.- El alumnado para la interpretación que realiza de la célula y de su significado biológico elabora modelos mentales.

3.- Esos modelos mentales son identificables a través de sus producciones verbales, escritas y gráficas.

4.- Los modelos mentales relativos a la célula contruidos por los estudiantes son susceptibles de tipificación y clasificación.

5.- Los modelos mentales hallados en el alumnado cuando piensa en la célula son:

- Modelo mental A o estructural.
- Modelo mental B o dual.
- Modelo mental C o causal discursivo.
- Modelo mental D o causal imagístico.

6.- Esos modelos mentales evolucionan al procesar la nueva información para reinterpretarla. Cuando se expone al alumnado a un proceso sistemático de construcción del conocimiento relativo a la estructura y al funcionamiento de la célula, se observa la emergencia progresiva de modelos mentales explicativos que integran ambas vertientes.

7.- En la construcción de los modelos mentales explicativos sobre la célula es necesario construir significativamente y, por tanto, incorporar conceptos relativos a los tres conjuntos de: a) elementos, b) propiedades y características de los mismos y c) relaciones e interacciones entre ellos.

8.- Parece confirmarse la necesidad de abordar los procesos de aprendizaje de forma gradual y por aproximaciones sucesivas que facilite la incorporación y la interacción de los elementos conceptuales correspondientes, fundamentalmente cuando se trata de conceptos altamente estructurados, como lo es la célula para este nivel de enseñanza.

9.- Se propone una sistematización para analizar las producciones y verbalizaciones de los estudiantes que facilita su interpretación, abriéndose, por tanto, una nueva perspectiva de análisis de las representaciones que favorece el conocimiento de los procesos mentales inmersos en el aprendizaje.

10.- Se constata que el proceso de diagnóstico de representaciones mentales tiene que ser continuado, procesual y a lo largo del curso en dos o tres momentos del mismo para que tenga eficacia. Ese proceso debería seguirse a través de un instrumento diagnóstico que contemple e integre componentes visuales junto con mapas conceptuales, símiles y recursos-requerimientos analógicos, acompañados de entrevista confirmatoria.

Bibliografía.

- Afonso López, R., Bazo González, C., López Hernández, M., Macau Fábrega, M.D. y Rodríguez Palmero, M.L. (1991). Los intereses del alumnado y la enseñanza de las Ciencias Naturales en BUP y COU. *Qurrriculum*, 3, pág. 91-106.
- Afonso López, R.; Bazo González, C.; Henríquez Santana, J.A.; López Hernández, M.; Macau Fábrega, M. D.; Marrero Acosta, J. y Rodríguez Palmero, M. L. (1998). Contenidos, metodología y alumnado. Una valoración crítica de la enseñanza en BUP y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pp. 99-130.
- Alberts, B., D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, J.D. Watson. (1986). *Biología Molecular de la Célula*. Ed. Omega. Barcelona. 1232 p.
- Arcá, M. (1996). Cognitive Strategies in Biological Thinking. En: Fisher, K. M. And Kibby, M. R. (ed) (1996). *Knowledge Adquisition, Organization, and Use in Biology*.. Springer/NATO. Pp. 99-107.
- Arcá, M. Y Guidoni, P. (1989). Modelos infantiles y modelos científicos sobre la morfología de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (2), pp. 162-167.
- Ausubel, D. P. (1978). *Educational Psychology: a cognitive view*. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D.P. (1963). “Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento”. En Elam, S. (Comp.) (1973). *La educación y la estructura del conocimiento. Investigaciones sobre el proceso de aprendizaje y la naturaleza de las disciplinas que integran el currículum*. Ed. El Ateneo. Buenos Aires. pp 211-239.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. and Hanesian, H. (1978). *Educational psychology*. 2ª de New York: Holt, Rinehart and Winston. (Citados por Moreira, M.A. (1996). “La organización de la enseñanza a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo, en las perspectivas de Ausubel, Novak y Gowin”. Monografías del Grupo de Enseñanza. Serie Enfoques Didácticos, N° 6. Instituto de Física. UFRGS. Porto Alegre. Brasil).
- Ayuso, E., Banet, E. y Abellán, T. (1996). Introducción a la Genética en la Enseñanza Secundaria y el Bachillerato. II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios ?. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), pág. 127-142.
- Banet Hernández, E. y Núñez Soler, F. (1995). Representaciones de los alumnos y alumnas sobre el cuerpo humano. *Alambique*, nº 4, pág. 79-86. Barcelona.
- Banet, E. y Ayuso, E. (1995). Introducción a la Genética en la Enseñanza Secundaria y Bachillerato I. Contenidos de Enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), pág. 137-153.
- Banet, E. y Núñez, F. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), pág. 105-110.
- Barquero, B. (1995). La representación de estados mentales en la comprensión de textos desde el enfoque teórico de los modelos mentales. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.

- Bastida, M.F., Luffiego, M., Ramos, F. y Soto, J. (1994). ¿Qué hacer con los conceptos previos ?. El caso de la nutrición humana. *Alambique* nº 2, ág. 112-118.
- Beltrametti (STAFF 11). Représentation de la connaissance. Les modèles mentaux.
- Boletín Oficial de Canarias nº 133. (1994).
- Borges, A. T. y Gilbert, J. K. (1998). Models of magnetism. *International Journal of Science Education*, 20 (3), pp. 361-378.
- Borges, A. Tarciso. (1997). Um estudo de modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol 2 (3). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).
- Brumby, M. N. (1982). Students' Perceptions of the Concept of Live. *Science Education*, 66 (4), pp. 613-622.
- Bugallo Rodríguez, A. (1995). La didáctica de la Genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), pág. 379-385.
- Caballer, M.J. y Giménez, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), pág. 172-180.
- Caballer, M.J. y Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la Educación General Básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), pág. 63-68.
- Cañal de León, P. (1991). Las concepciones de los alumnos y alumnas sobre la nutrición de las plantas verdes. *Investigación en la Escuela*, nº 13, pág. 97-113.
- Cañal, P. (1997). La fotosíntesis y la “respiración inversa” de las plantas: ¿un problema de secuenciación de los contenidos?. *Alambique*, 14, pp. 37-48.
- Cañal, P. y García, S. (1987). La nutrición vegetal, un año después. Un estudio de caso de 7º de EGB. *Investigación en la Escuela*, nº 3, pág. 55-60.
- Caravitas, S. y Tonucci, F. (1988). Problemas metodológicos en la investigación de las representaciones mentales referidas a temas biológico-naturalistas en los niños de la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol, 6, nº 2. Pág. 126-130.
- Carrascosa Alis, J. y Nicolás Bueno, L. (1995). Evaluación de la Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias. *Aliminar* nº 34.
- Colinvaux, D.; Franco, C.; Krapas Teixeira, S. y Queiroz, G. (1996). Abstração: entre a lógica proposicional e os modelos mentais. *Proposições* Vol 7, n. 1, pp. 76-83.
- Coll Salvador, C. (1986). *Marc Curricular per a l'ensenyament obligatori*. Barcelona. Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya. (Citado por Blanco, R. y M.J. Gómez, (1989): *Qué y cuándo enseñar-aprender*. Centro Nacional de Recursos para la Educación Especial. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid).
- Cubero Pérez, R. (1986). Estudio de los esquemas de conocimiento relativos al proceso digestivo. *Actas de las IV Jornadas de Estudios sobre la Investigación en la Escuela*. Pág. 139-143.
- de Kleer, J. Y Brown, J.S. (1983). Assumptions and Ambiguities in Mechanistic Mental Models. En Gentner, D. y Stevens, A.L. *Mental Models*. LEA. New Jersey. pp.155-190.

- De Manuel Barrabín, J. y Grau Sánchez, R. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique* nº 7, pág. 53-63.
- Del Carmen, L. (1990). “La elaboración de proyectos curriculares de centro en el marco de un currículo de ciencias abierto”. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), pp. 37-45.
- Díaz de Bustamante, J. y Jiménez Aleixandre, M.P. (1996). ¿Ves lo que dibujas ?. Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), pág. 183-194.
- Díaz González, R. y Abuín Figueiras, G. (1988). Contribución al estudio de las dificultades en la comprensión de fenómenos osmóticos. Actas de las VI Jornadas de Estudios sobre la Investigación en la Escuela. Pág. 21-25.
- Díaz González, R., López Rodríguez, R., García Losada, A., Abuín Figueiras, G., Nogueira Abuín, E. y García Gandoy, J.A. (1996). ¿Son los alumnos capaces de atribuir a los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos ?. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), pág. 143-153.
- Díaz, J. y Jiménez, M.P. (1993). ¿Ves lo que dibujas ? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, N° Extra (IV Congreso), pág. 161-162.
- Díaz, J., Jiménez, M.P., Cienfuegos, E., Garrido, G., Gonçalves Ortega, J. y Varela, C. (1993). Imaxes das células. *Boletín das ciencias*, pp. 200-204.
- Diseños Curriculares. (1991). Bachillerato. Biología Celular. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Gobierno de Canarias.
- Diseños Curriculares. (1991). Bachillerato. Introducción a la Etapa. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Gobierno de Canarias.
- Dreyfus, A. Jungwirth, E. y Elivitch, R. (1990). Applying the “Cognitive Conflict” Strategy for Conceptual Change. Some Implications, Difficulties, and Problems. *Science Education*, 74 (5). Pp. 555-569.
- Dreyfus, A. y Jungwirth, E. (1988). The cell concept of 10th grades: curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, 10 (2), pp. 221-229.
- Dreyfus, A. y Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological Education*, 23 (1), pp. 49-55.
- Durfort, M. (1998). Consideraciones en torno a la enseñanza de la Biología Celular en el umbral del siglo XXI. *Alambique*, 16, pp. 93-108.
- Eisenck, M. y Keane, M. (1991). *Cognitive Psychology: a student's handbook*. London: Erlbaum.
- Finley, F. N.; Stewart, J. y Yaroch, W. L. (1982). Teachers' Perceptions of Important and Difficult Science Content. *Science Education*, 66 (4), pp. 531-538.
- Franco, C.; Colinvaux, D.; Krapas-Teixeira, S. y Queiroz, G. (1997). A Teoria Piagetiana e os Modelos Mentais. En Luci Banks-Leite (org). A Teoria Piagetiana e os Modelos Mentais. Cortez, São Paulo, pp. 187-206.
- Friedler, Y., Amir, R. Y Tamir, P. (1987). High school students' difficulties in understanding osmosis. *International Journal of Science Education*, 9 (5), pp. 541-551.

- Galagovsky, L. R., Bonán, L. Y Adúriz Bravo, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pp. 315-321.
- García Barros, S., Mondelo, M. y Martínez Losada, M.C. (1989). Planteamiento didáctico de la teoría celular en las concepciones previas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, N° Extra (III Congreso). Tomo 1, pág. 73-74.
- García Zaforas, A.M. (1991). Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de Bachillerato y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2), pág. 129-134.
- Gayford, C. G. (1986). Some aspects of the problems of teaching about energy in school biology. *European Journal of Science Education*, 8 (4), pp. 443-450.
- Gentner, D. y Gentner, D.R. (1983). Flowing Waters or Teeming Crowds: Mental Models of Electricity. . En Gentner, D. y Stevens, A.L. *Mental Models*. LEA. New Jersey. pp. 99-127.
- Giordan, A. (1987). Los conceptos de Biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), pág. 105-110. Barcelona.
- Glynn, S. M. Y Takahashi, T. (1998). Learning from Analogy-Enhanced Science Text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (10), pp. 1129-1149.
- Glynn, S.M. y Duit, R. (1995). Learning Science Meaningfully: Constructing Conceptual Models. En Glynn, S. y Duit, R. (ed) *Learning Science in the Schools*. Mahmah, LEA. N. Jersey pp. 3-33.
- Gowin, D. B. (1981) *Educating*. Ithaca, N.Y. Cornell University Press.
- Greca, I. (1999). Representaciones mentales. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos. Texto de apoyo n° 7.
- Greca, I.M. y Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de la Física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pp. 289-303.
- Greca, I.M. y Moreira, M.A. (1997). The kinds of mental representations - models, propositions and images - used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, Vol, 19, n. 6, pp. 711-724.
- Greeno, J.G. (1983). Conceptual Entities. . En Gentner, D. y Stevens, A.L. *Mental Models*. LEA. New Jersey. pp.227-251.
- Guarro Pallás, A (1985). Diseño de enseñanza. La organización didáctica de los contenidos: Modelo elaborado vs Modelo jerárquico. Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral.
- Gutiérrez, R. (1996). Modelos mentales y concepciones espontáneas. *Alambique*. Didáctica de las Ciencias Experimentales. N. 7, pp. 73-86.
- Gutiérrez, R. y Ogborn, J. (1992). A causal Framework for analysing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, Vol 14, n. 2, pp. 201-220.
- Hackling, M. W. Y Lawrence, J. A. (1988). Expert and novice solutions of genetic pedigree problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (7), pp. 531-546.

- Halloum, I. (1996). Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 33, n. 9, pp. 1019-1041.
- Harrison, A.G. y Treagust, D.F. (1996). Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry. *Science Education*, 80 (5), pp. 509-534.
- Haslam, F. y Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21 (3), pp. 203-211.
- Hill, L. (1986). Teaching and the theory and practice of biology. *Journal of Biological Education*, 20 (2), pp. 112-116.
- Hodson, D. (1986). Rethinking the role and status of observations in science education. *Journal of Curriculum Studies*, 18 (4), pp. 381-396.
- Honey, J. N. (1996). Biological Models: Some Significant Features. En : Fisher, K. M. And Kibby, M. R. (ed) (1996). *Knowledge Acquisition, Organization, and Use in Biology*.. Springer/NATO.
- Hutchins, E. (1983). Understanding Micronesian Navigator. En Gentner, D. y Stevens, A.L. *Mental Models*. LEA. New Jersey. pp.191-225.
- Jiménez Aleixandre, M. P., Amir, R., Brody, M. J., Tamir, P, y Tomkiewicz, W. (1996). The nature of Knowledge in Biology and Its Implications for Teaching and Learning. En: Fisher, K. M. And Kibby, M. R. (ed) (1996). *Knowledge Acquisition, Organization, and Use in Biology*.. Springer/NATO. Pp.1-24.
- Jiménez Aleixandre, M.P. (1987). Preconceptos y esquemas conceptuales en Biología. Selecciones Bibliográficas temáticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2). Pág. 165-167.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental Models. Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Harvard University Press. Cambridge. 513 p.
- Johnson-Laird, P. (1985). Mental Models, in Aitkenhead, A.M. y J. M. Slack. (Eds). "Issues in cognitive Modelling". Open University Press, pp. 81-99.
- Johnson-Laird, P. (1987). Modelos mentales en ciencia cognitiva. pp 179-232. En Norman, D. *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Cognición y desarrollo humano. Ed. Paidós. Barcelona. 358 p.
- Johnson-Laird, P. (1990). *El Ordenador y la Mente. Introducción a la Ciencia Cognitiva*. Cognición y desarrollo humano. Ed. Paidós. Barcelona. 407 p.
- Johnson-Laird, P. N. (1988). How is meaning mentally represented? *International Social Science Journal*, 40 (1), pp. 45-61.
- Johnson-Laird, P. N. (1989). Analogy and the exercise of creativity. pp. 313-331. En Vosniadou, S. Y Ortony, A. Ed. *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge University Press. 590 p.
- Johnson-Laird, P. N. (1989). Mental Models. En Posner, M. (ed). *Foundations of Cognitive Science*. Cambridge, Mass, MIT Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1993). La théorie des modèles mentaux. En: Ehrlich, M. F.; Tardieu, H. y Cavazza, M. (Eds). *Les modèles mentaux. Approche cognitive des représentations*. Masson.Pp. 1-22.
- Johnson-Laird, P. N. (1994). Mental models and probabilistic thinking. *Cognition*, 50, pp. 189-209.

- Johnson-Laird, P. N. (1996). Images, Models and Propositional Representations. pp. 90-127. En De Vega, M; Intons-Peterson, M. J.; Johnson-Laird, P. N.; Denis, M. y Marschark, M. *Models of Visuospatial Cognition*. Oxford. University Press. 230 p.
- Johnson-Laird, P. N. Y Byrne, R. (1998). The Cognitive Science of Deduction. pp. 29-58. En Thagard, P. Ed. *Mind Reading*. MIT. Press. P344.
- Johnstone, A. H. Y Mahmaud, N. A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*, 14 (2), pp 163-166.
- Jonassen, D. H. (1995). Operationalizing Mental Models: Strategies for Assessing mental Models to Support meaningful Learning and Desing-Supportive learning Environments. <http://www-csc195.indiana.edu/csc195/jonassenhtml>.
- Krapas, S.; Queiroz, G.; Colinvaux, D. y Franco, C. (1997). Modelo: Terminologia e Sentidos na Literatura de Pesquisa em Ensino de Ciências. Envontro Linguagem, Cultura e Cognição: Reflexões para o Ensino de Ciências. Belo Horizonte, M.G.
- Lang Silveira, F. (1994): “Karl Popper y el Racionalismo Crítico”. Monografías del Grupo de Enseñanza. Serie Enfoques Epistemológicos N° 3. Instituto de Física. UFRGS. Porto Alegre. Brasil. (Traducción de M.L. Rodríguez Palmero).
- Lucas, A. (1987). Public knowledge of Biology. *Journal of Biological Education*, 21 (1). Pp. 41-45.
- Lucas, A.M. (1986). Tendencias en la investigación sobre enseñanza/aprendizaje de la Biología. *Enseñanza de las Ciencias* 4 (3), pág. 189-198.
- Lüdke, M. e André, M. E.D.A. (1988). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. Temas Básicos de Educação e Ensino. EPU. São Paulo. 99 pp.
- Macnab, W. Y Johnstone, A. H. (1990). Spatial skills wich contribute to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 24 (1), pp. 37-41.
- Macnab, W., Hansell, M. H. y Johnstone, A. H. (1991). Cognitive style and analitical ability and their relationships to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 25 (2), pp. 135-139.
- Mateos Jiménez, A. (1998). Concepciones sobre algunas especies animales: ejemplificaciones del razonamiento por categorías. Dificultades de aprendizaje asociadas. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pp. 147-157.
- Membiela, P. Y Cid, M. C. (1998). Desarrollo de una unidad didáctica centrada en la alimentación humana, social y culturalmente contextualizada. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), pp. 499-511.
- Mondelo Alonso, M., García Barros, S., Martínez Losada, C. (1994). Materia inerte/materia viva ¿Tienen ambas constitución atómica ?. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pág. 226-233.
- Mondelo Alonso, M., Martínez Losada, C. Y García Barros, S. (1998). Criterios que utilizan los alumnos universitarios de primer ciclo para definir ser vivo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), pp. 399-408.
- Moreira, M. A. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. E.P.U. pp. 195.

- Moreira, M. A. y Lagreca, M. C. B. (1998). Representações mentais dos alunos em Mecânica Clássica: três casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol 3 (3). ([http:// www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm)).
- Moreira, M.A. (1996). “La organización de la enseñanza a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo, en las perspectivas de Ausubel, Novak y Gowin”. Monografías del Grupo de Enseñanza. Serie Enfoques Didácticos, N° 6. Instituto de Física. UFRGS. Porto Alegre. Brasil.
- Moreira, M.A. (1997). Modelos Mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*. Vol. 1, n. 3 ([http:// www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm)).
- Moreira, M.A. y Masini E.F.S. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. Editora Moraes: São Paulo. 112 p.
- Moreno Marimón, M. (1998). La Psicología Cognitiva y los modelos mentales. En Moreno, M. Sastre, G., Bovet, M. y Leal, A. (1998). *Conocimiento y cambio*. Ed. Paidós. Temas de Psicología. Pp. 350.
- Moreno, M. Sastre, G., Bovet, M. y Leal, A. (1998). *Conocimiento y cambio*. Ed. Paidós. Temas de Psicología. Pp. 350.
- Moreno, M., Sastre, G., Bovet, M. y Leal, A. (1993). El papel de los modelos representacionales en la construcción de conocimientos. Un ejemplo concreto. *Enseñanza de las Ciencias*, n° extra (IV Congreso), pp. 105-106.
- Nersessian, N. (1992). How Do Scientist Think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science. En Gere, R.N. (Ed): *Cognitive models of science*. Vol. XV. Minnesota Studies in the Philosophy of Science. Minneapolis, Univ. Minnesota Press. pp. 3-44.
- Nersessian, N. (1995). Should Physicist Preach What they Practice? *Science Education*, 4, pp. 203-226.
- Norman, D.A. (1983). Some Observations en Mental Models. En Gentner, D. y Stevens, A.L. *Mental Models*. LEA. New Jersey. pp 7-14.
- Novak, J. (1981). Uma teoria de educação. São Paulo. Traducción de M.A. Moreira del original *A theory of education*, Cornell University Press, 1977. (citado por Moreira, M.A. (1993). “La teoría de educación de Novak y el modelo de enseñanza-aprendizaje de Gowin”. Monografías del Grupo de Enseñanza. Serie Enfoques Didácticos N° 4. Instituto de Física. UFRGS. Porto Alegre. Brasil. (Traducción de M. Pesa).
- Novak, J.D. (1977). *A theory of Education*. Ithaca. N.Y. Cornell University Press. (Citado por Guarro Pallás, A (1985). *Diseño de enseñanza. La organización didáctica de los contenidos: Modelo elaborado vs Modelo jerárquico*. Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral).
- Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Ed. Martínez Roca. Barcelona. 228 p.
- Núñez, F. y Banet, E. (1993). Modelos conceptuales de los alumnos sobre las relaciones entre digestión-respiración-circulación. *Enseñanza de las Ciencias*, N° Extra (IV Congreso), pág. 181-182.
- Núñez, F. y Banet, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, (3). pág. 261-278.
- Otero, J. C. (1985). Assimilation problems in traditional representations of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, 7 (4), pp. 361-369.

- Otero, M. R., Papini, C. Y Elichiribehety, I. (1998). Las representaciones mentales y la resolución de un problema: un estudio exploratorio. . *Investigações em Ensino de Ciências*, vol 3 (1). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).
- Parrat-Dayán, S. (1998). La teoría de Piaget sobre la causalidad. En Moreno, M. Sastre, G., Bovet, M. y Leal, A. (1998). *Conocimiento y cambio*. Ed. Paidós. Temas de Psicología. Pp. 350.
- Pérez de Eulate, L., Llorente, E. y Andrieu, A. (1999). Las imágenes de digestión y excreción en los textos de Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), pp. 165-178.
- Pintó, R.; Aliberas, J. Y Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, (2), pp. 221-232.
- Pittman, K. M. (1999). Student-Generated Analogies: Another Way of Knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (1), pp. 1-22.
- Popper, K.R. (1985). “*Logica da pesquisa científica*”. São Paulo. EDUSP. (Citado por Lang Silveira, F. (1994): “Karl Popper y el Racionalismo Crítico”. Monografías del Grupo de Enseñanza. Serie Enfoques Epistemológicos N° 3. Instituto de Física. UFRGS. Porto Alegre. Brasil. (Traducción de M.L. Rodríguez Palmero).
- Posner, G.J. and Strike, K.A. (1976). “Epistemological Perspectives on Conceptions of Curriculum Organization and Learn”, en Shulman, L.S. (De): *Review of Research in Education*, Paacock Publishers, Itaca, Illinois, 4. (Citados por Guarro Pallás, A. (1995). Diseño de enseñanza. La organización didáctica de los contenidos: Modelo elaborado vs Modelo jerárquico. Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral).
- Reid, D. (1990). The role of pictures in learning biology: Part 1, perception and observation. *Journal of Biological Education*, 24 (3), pp. 161-172.
- Reid, D. (1990). The role of pictures in learning biology: Part 2, picture-test processing. *Journal of Biological Education*, 24 (4), pp. 251-258.
- Reid, D. J. (1984). The picture superiority effect and biological education. *Journal of Biological Education*, 18 (1), pp. 29-36.
- Reid, D. J. y Miller, G. J. A. (1980). Pupils' perception of biological pictures and its implications for readability studies of biology textbooks. *Journal of Biological Education*, 14, (1). pág. 59-68.
- Reigeluth, CH.M. (1979). “In Search of a Better Way to Organize Instruction: The Elaboration Theory”. *Journal of Instructional Development*, 2 (3): 8-15 (Citado por Guarro Pallás, A (1985). Diseño de enseñanza. La organización didáctica de los contenidos: Modelo elaborado vs Modelo jerárquico. Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral).
- Reigeluth, CH.M., Merrill, M.D. and Bunderson, C.V. (1978). “The Structure of subject matter content and its instructional design implications” *Practice of Curriculum Studies*, London: R.K.P. (Citados por Guarro Pallás, A (1985). Diseño de enseñanza. La organización didáctica de los contenidos: Modelo elaborado vs Modelo jerárquico. Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral).
- Rivière, A. (1987). *El sujeto de la Psicología Cognitiva*. Alianza Editorial. Madrid.
- Rodrigo, M.J. (1993). Las categorías del análisis de lo real en el niño. *Cognitiva*, 5 (1), pp. 3-23.

- Rodrigo, M.J., Rodríguez, S. y Marrero, J. (1993). *Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Ed. Visor-Aprendizaje. Madrid.
- Rodríguez Gómez, G.; Gil Flores, J. y García Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Ediciones Aljibe. Málaga. 378 pp.
- Rodríguez Palmero, M. L. (1997). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/aprendizaje de la estructura y del funcionamiento celular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2 (2). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>)
- Rodríguez Palmero, M. L. y Moreira, M. A. (1999). Modelos mentales de la estructura y del funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências* 4 (2). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).
- Rodríguez Palmero, M.L., C. Bazo González y M. López Hernández. (1994). Origen de la vida. Niveles de organización. La célula. Diferentes perspectivas. Materiales Curriculares INNOVA. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Gobierno de Canarias.
- Román Pérez, M. y E. Díez López. (1990). *Currículum y Aprendizaje. Un modelo de Diseño Curricular de aula en el marco de la Reforma*. Itaka. Monográfico nº 1. Madrid. 275 p.
- Russell-Gebbett, J. (1984). Pupils' perceptions of three-dimensional structures in biology lessons. *Journal of Biological Education*, 18 (3), pp. 220-226.
- Russell-Gebbett, J. (1985). Skills and strategies pupils' approaches to three-dimensional problems in biology. *Journal of Biological Education*, 19 (4), pp. 293-298.
- Schwab, J.J. (1963). "Problemas, tópicos y puntos en discusión". En Elam, S. (Comp.) (1973). *La educación y la estructura del conocimiento. Investigaciones sobre el proceso de aprendizaje y la naturaleza de las disciplinas que integran el currículum*. Ed. El Ateneo. Buenos Aires. pp. 1-38.
- Schwab, J.J. (1975). "Structures of the Disciplines: Meaning and Significances", in M. Golby; J. Greenwald and R. West (eds): *Curriculum Designe*, London: Open University Press, pp 249-267. (Citado por Guarro Pallás, A. (1985). Diseño de enseñanza. La organización didáctica de los contenidos: Modelo elaborado vs Modelo jerárquico. Universidad de La Laguna. Tesis Doctoral).
- Serrano Gisbert, T. (1993). El desarrollo conceptual del sistema nervioso en niños de 5 a 14 años. Modelos mentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), pp. 349-351.
- Serrano, T. (1987). Representaciones de los alumnos en Biología : estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), pág. 181-188.
- Smith, M. U. (1988). Successful and un successful problem solving in classical genetic pedigree. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (6), pp. 441-433.
- Smith, M. U. (1991). Teaching Cell Division: Studentes Difficulties and Teaching Recommendations. *Journal of College Science Teaching*, XXI, pp. 28-33.

- Stake, R. E. (1998). Investigación con estudio de casos. Ed. Morata. Madrid. P. 159.
- Tamir, P. (1996). Retrospective Causal Reasoning (RCR) in Biology. En: Fisher, K. M. And Kibby, M. R. (ed) (1996). *Knowledge Adquisition, Organization, and Use in Biology..* Springer/NATO. Pp. 235-239.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic test evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education* 10 (2), pp. 159-169.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, Vol, 4, pp. 45-69.
- Wandersee, J. H. (1985). Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (7), pp. 581-597.
- Wandersee, J. H. (1996). The Grafic Representation of Biological Knowledge: Integrating Words and Images. En: Fisher, K. M. And Kibby, M. R. (ed) (1996). *Knowledge Adquisition, Organization, and Use in Biology..* Springer/NATO. Pp. 25-35.
- Wason, P.C. y Johnson-Laird, P. (1980). *Psicología del razonamiento*. Ed. Debate. Madrid.
- Williams, M.D.; Hollan, J.D. y Stevens, A.L. (1983). Human Reasoning About a Simple Physical System. En Gentner, D. y Stevens, A.L. *Mental Models*. LEA. New Jersey. pp. 131-153.
- Wilson. (1925) (Citado en Diseños Curriculares. (1991). Bachillerato. Biología Celular. Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Gobierno de Canarias.
- Wood-Robinson, C.; Lewis, J.; Leach, J. y Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pp. 43-61.

ANEXO N° 1:
ANÁLISIS DEL CONTENIDO

ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE LA BIOLOGÍA CELULAR DE COU.

1.-¿Por qué hacer un análisis del contenido?.

Son muchas las teorías de aprendizaje y teorías de enseñanza que recoge la bibliografía, teorías que responden a planteamientos muy variados e incluso contrapuestos. Todas ellas, como construcciones sociales que son, como teorías, definen una serie de elementos y responden a unos determinados postulados o principios que las caracterizan. Gowin (1981), conocido más, en los contextos educativos, por la V heurística que por su propia y potente teoría de enseñanza, nos plantea que ésta es una relación triádica entre profesor, materiales educativos y alumnos, relación que tiene por objeto “*compartir significados entre profesor y alumno a través de los materiales educativos del currículum*” (Moreira, 1996, pág. 16).

“Para Gowin (1981, p. 81), la enseñanza se consume cuando los significados que el alumno capta de los materiales educativos del currículum son aquéllos que el profesor pretende que el alumno capte y que, a su vez, son aquéllos compartidos en el contexto de la materia que se enseña.

Hay, por lo tanto, un intercambio de significados en el cual profesor y alumno tienen responsabilidades distintas: el profesor es responsable de verificar si los significados que el alumno capta son aquéllos compartidos en el contexto de la materia de enseñanza; ...” (Moreira, 1996, pág. 16).

Hablamos de significados; pretendemos precisamente eso: que los estudiantes construyan y asignen significados, que desarrollen un aprendizaje que sea significativo. ¿Pero cómo se consigue esto?.

“Según el punto de vista ausubeliano, el primer y más importante factor cognitivo que se debe considerar en el proceso instruccional es la estructura cognitiva del que aprende en el momento del aprendizaje. Es ella, tanto en términos de contenido sustantivo como de propiedades organizativas en una cierta área de conocimiento, el principal factor que influye en el aprendizaje significativo y en la retención de ese área. (Moreira, 1996, pág. 3).

De ningún modo podremos obtener en nuestros estudiantes ese aprendizaje significativo y esa retención sin tener en cuenta sus modos de representación, como ya hemos tenido ocasión de demostrar. Esos modos, esas representaciones han sido y son en la actualidad objeto de abundantes investigaciones que muestran su vital importancia en los procesos de aprendizaje, como Ausubel y otros han puesto de manifiesto, pero que han evidenciado, también, la dificultad de su estudio; de hecho, aún no se han superado muchas de las controversias y discusiones mantenidas al respecto algunas de las cuales se han centrado en su naturaleza. Desde esta perspectiva, algunos autores defienden su carácter icónico, considerando las representaciones como imágenes; para otros son preponderantemente proposicionales y otros, como Johnson-Laird (1983, 1985, 1988) postulan modelos de integración como los modelos mentales, que ya se han explicado en capítulos precedentes y que constituyen la opción teórica de la investigación de la que el presente anexo forma parte.

En cualquier caso, y pendientes de una investigación más detallada al respecto, lo que no plantea ninguna discusión es el papel que estas representaciones ejercen en los procesos de aprendizaje. *“La manipulación de conceptos y proposiciones se aumenta por las propiedades representacionales de las palabras”* (Moreira, 1996, pág. 2). Pero ¿qué son, entonces, los conceptos? ¿qué es lo que hacemos con ellos? ¿las representaciones son combinaciones de conceptos?. La discusión sobre este tema es más que relevante; estamos hablando de representaciones, de su naturaleza, de su papel en el aprendizaje, por lo tanto, de su influencia en los procesos de enseñanza, y lo que enseñamos se articula (¡o lo articulamos!) en torno a conceptos. ¿Sabemos, como docentes, qué son?.

La mente humana opera con conceptos y esos conceptos se expresan a través de palabras. Podemos negociar el significado de un determinado concepto y su relación con otros conceptos en la medida en que ambos negociadores le apliquen los mismos atributos criterios. De este modo, Ausubel (citado por Moreira, 1993, pág. 13) distingue distintos procesos relativos a esta cuestión como son la formación y la asimilación de conceptos. En ambos procesos se da una relación directa entre los atributos asignados a cada concepto, la cultura en la que esos atributos se asignan y el signo o símbolo que lo representa, en suma, la palabra que lo expresa. El significado es, por lo tanto, una construcción social, cultural, y en esa medida, evidentemente es negociable. (...) *En el proceso de formación de conceptos, el factor preponderante es “el uso del signo o palabra, como medio por el cual conducimos nuestras operaciones mentales, controlamos su curso y las canalizamos en dirección a la solución del problema que enfrentamos”* (Vygotsky, 1987, citado por Gaspar, 1994, pág. 4). Construimos, pues, un sistema representacional que nos permite atribuir significados compartidos a través de los cuales podemos comunicarnos, podemos establecer interacción.

Como vemos, significado, representación, concepto, interacción, negociación son “palabras” que se repiten, son “conceptos” que tienen una importancia vital en nuestra labor profesional. Es obvio que no sólo debemos tener en cuenta esos modos de representación de los que hemos hablado, sino que también hemos de tener un profundo conocimiento de la propia disciplina de manera que, como docentes, podamos acercar y facilitar la evolución de esos esquemas representacionales a aquello que es científica y contextualmente aceptado y que la disciplina representa.

Según Schwab (1973, 1975), una disciplina científica es aquel cuerpo de conocimiento en el que podemos identificar una estructura semántica o substancial propia, o lo que es lo mismo, un contenido propio, una estructura conceptual subyacente, y una forma también propia de verificarlo y ampliarlo, es decir, en sus palabras, estructura sintáctica propia. Esta distinción ya se ha usado en páginas precedentes.

De lo anterior se deriva la imperiosa necesidad de desarrollar un análisis del contenido que nos dé pautas para acceder de una manera más eficaz a los modelos de representación que constituyen el conocimiento de nuestro alumnado y para hacer que podamos reestructurarlo; se trata, simplemente, de conocer tanto el contenido sustantivo como las propiedades organizativas no sólo de nuestros jóvenes, como Ausubel nos propone en su sentencia más famosa, sino también de la propia disciplina, de su estructura substancial, de la forma en que se construyen esos conceptos, así como de la manera en que

se verifican y amplían o lo que es lo mismo, de su estructura sintáctica, en términos de Schwab. Y esta tarea, ineludiblemente, es responsabilidad del profesor; si, como nos planteaba Gowin, es responsabilidad docente comprobar que los significados captados por los estudiantes son correctos y compartidos en el contexto de la materia de enseñanza, evidentemente lo es, también, tener un conocimiento profundo de la propia materia, de sus modos de operar. ¿Pero es suficiente con esto? ¿son éstas nuestras únicas responsabilidades? Habría que plantearse cuáles son las tareas que un docente debe asumir y realizar; las decisiones que se tomen con respecto a las mismas dependerán de los marcos teóricos de referencia que los profesionales consideren, de sus posiciones epistemológicas.

En relación con el papel asignado al profesorado en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en su organización desde la perspectiva de la teoría del Aprendizaje Significativo, Moreira (1996) considera cuatro tareas fundamentales:

- Identificar la estructura conceptual y proposicional de la materia de enseñanza.
- Identificar los subsumidores relevantes para el aprendizaje del contenido que se ha de enseñar.
- Diagnosticar lo que el alumno ya sabe.
- Enseñar utilizando recursos y principios que faciliten el paso de la estructura conceptual de la materia de enseñanza a la estructura cognitiva del estudiante.

Si bien es cierto que las cuatro constituyen, desde nuestro punto de vista, ejes fundamentales en la organización de la enseñanza, hemos optado por destacar la primera de ellas:

“Identificar la estructura conceptual y proposicional de la materia de enseñanza. O sea, identificar los conceptos y principios unificadores, inclusivos, con mayor poder explicatorio y propiedades integradoras, y organizarlos jerárquicamente de modo que, progresivamente, abarquen los menos inclusivos hasta llegar a los ejemplos y hechos específicos. En otras palabras, el profesor debe identificar los conceptos y proposiciones más relevantes de la materia de enseñanza, distinguir los más generales y abarcadores de los que están en un nivel intermedio de generalidad e inclusividad y éstos de los menos inclusivos y específicos. Debe hacer una especie de “mapeamiento” de la estructura conceptual del contenido y organizarlo secuencialmente de acuerdo con esta estructura”. (Moreira, 1996, pág. 4).

A poco que le dediquemos un mínimo de tiempo, podremos darnos cuenta de las dificultades que esta tarea encierra. ¿Por qué optar por unos conceptos y no por otros? ¿Qué es lo que hace de los que hemos seleccionado que sean claves? ¿Cuántos deben ser los conceptos-clave de una disciplina?. Las discusiones profesionales en torno a esta cuestión son evidentes y, quizás, el ejemplo más claro lo constituyen las famosas reuniones de Coordinación de COU (nivel en el que pretendemos hacer el análisis) en las que son numerosas las dificultades para llegar a acuerdos sobre lo que es importante, crucial, y lo que no lo es. Si, como docentes, no tenemos clara la estructura conceptual de la materia, si no hemos hecho el análisis de su contenido, no podemos intercambiar significados con el

alumnado. “Cualquier evento educativo implica una acción para intercambiar significados y sentimientos entre el profesor y el alumno”. (Novak, 1981, citado por Moreira, 1993, pág. 3). No podremos interactuar, no podremos negociar los materiales educativos del currículum y no podremos pretender que los jóvenes capten su significado, como Gowin también nos proponía. La disciplina objeto de enseñanza tiene un significado lógico pero no necesariamente es el significado psicológico, más bien, al contrario. Es responsabilidad del estudiante captar de los materiales educativos del currículum su significado y hacer de éste que sea psicológico pero para ello es necesario que esos materiales tengan significado lógico claro, coherente; de otro modo, no es posible la construcción de un aprendizaje significativo. Hablamos, como ya se ha expresado, de modelos conceptuales -significado lógico de las disciplinas- y de modelos mentales -significado psicológico asignado al contenido de las mismas por el alumnado-. De ninguna manera podemos hacer que adquieran para los estudiantes ese significado psicológico si para nosotros, los supuestos expertos, no tiene significado lógico, no nos hemos parado a pensarlo o, si lo tiene, no lo conocemos.

Como vemos, para nosotros, como profesionales “especialistas” esta tarea de análisis y de organización del contenido es difícil y compleja. Nos sumimos en la rutina y no nos paramos a pensar en la lógica o en las opciones epistemológicas por las que nos decantamos; la práctica habitual es la marcada por los libros de texto y estas reflexiones, evidentemente, no se hacen. Si a este nivel nos resulta complicado y confuso, cómo no va a serlo para nuestros estudiantes; en este contexto, claro está, no transmitimos una estructura lógica, no negociamos una forma de aprenderla, no potenciamos la adquisición de una estructura psicológica y lo que sí hacemos es transmitir unos sentimientos: insatisfacción, ansiedad, hastío, inseguridad, ambigüedad, desconocimiento. Desde luego, no son los que favorecen lo que pretendemos que es aprendizaje y que lo es que sea significativo. Y “*el aprendizaje significativo subyace a la integración constructiva entre pensamiento, sentimiento y acción que conduce al engrandecimiento humano*” (Novak, 1981, citado por Moreira, 1993, pág. 5). Sentir, pensar y hacer es lo que tenemos que hacer. Sentir la necesidad de un estudio y análisis profundo del contenido, de su estructura conceptual; pensar en la forma de hacerlo, en los modelos o modos que justifiquen teóricamente esta necesidad y los procesos que postulan, sin pretender alcanzar “la jerarquía conceptual”, como plantea Moreira (1996) sino “una” jerarquía coherente, una organización que tenga significado lógico y que, cuanto menos, nos permita reflexionar sobre la propia materia de enseñanza; y hacerla, aplicando lo que este marco teórico nos ofrezca para hacerle frente a esta acción, a esta tarea. Parafraseando a Novak, probablemente esto nos lleve al engrandecimiento personal o, como mínimo, a un trabajo profesional coherente.

Podríamos plantearnos ahora la misma pregunta con la que empezábamos: ¿por qué hacer un análisis del contenido?. Parecen explicitadas, a la luz de lo anterior, todas las respuestas.

2.- ¿Qué modelo aplicamos para analizar el contenido?.

Una vez que hemos sentido la necesidad de llevar a cabo el análisis de los contenidos de enseñanza, nos corresponde pasar a la acción. La cuestión fundamental ahora es cómo lo hacemos. Pero la acción supone decisión y para poder ejecutarla hemos de

delimitar el marco teórico de referencia, hemos de pensar la forma de hacerlo. Nos situamos, pues, en el “pensar” de Novak para buscar esa forma de “hacer” que dé respuesta a la necesidad que ha generado nuestro “sentir”.

Se pretende de la labor docente el desarrollo de aprendizajes significativos científica y contextualmente aceptados, el acercamiento de los significados lógicos a los psicológicos y ello, obviamente, pasa por dotar de una organización determinada a ese contenido al que los estudiantes deben asignarle significado. En este contexto:

“¿Qué modelo de organización, si es que existe, es el más adecuado para llevar al alumno de su propia concepción del mundo a la concepción que la ciencia nos ofrece de él, es decir, ayuda al alumno a realizar la necesaria ruptura epistemológica que le permita comprender el mundo tal y como lo explica el conocimiento científico? (Guarro Pallás, 1985, pág 123).

A nadie se le escapa que ésta es una premisa básica de la educación y de cualquier profesional de la enseñanza, independientemente de su opción teórica; todos pretendemos acercar a nuestro alumnado al conocimiento científico. Pero ese acercamiento responde a modelos epistemológicos muy diversos y muchas veces contradictorios y contrapuestos. Y esos modelos que individualmente mostramos y trabajamos, de manera implícita o explícita, se articulan e incardinan en lo que es toda la estructura de diseño del currículum, afectando por lo tanto a sus distintos niveles, aunque no se tenga conciencia de ello.

Un primer nivel de diseño pretende dar respuesta a las finalidades de la enseñanza y de la educación más que a prescripciones para la organización de la enseñanza; se apoya en las fuentes del currículum que el sistema considere pertinentes y, en esa medida, no descende a soluciones didácticas o principios generales para la organización didáctica del contenido. (Guarro Pallás, 1985). Un ejemplo de ello es el Diseño Curricular que define la LOGSE que, teóricamente responde a un modelo abierto y flexible. En este nivel que establece, como decíamos, finalidades y orientaciones, la polémica más significativa es la protagonizada por los planteamientos de Kelly y Phenix relativos a la consideración del conocimiento como un instrumento o como un cuerpo disciplinar consistente y enseñable, respectivamente. Si bien la LOGSE establece en su modelo como unidad de diseño el área para la Educación Primaria y la Educación Secundaria Obligatoria, la tradición ha organizado el currículum en torno a las disciplinas científicas y, de hecho, se establece un continuun según el cual se pretende la transición de las áreas a las disciplinas de forma progresiva hasta finalizar el Bachillerato. Autores como Phenix o Schwab defienden la organización disciplinar del contenido.

“La aportación más importante derivada del trabajo de Schwab es el supuesto de que “el pensamiento depende más de la captación de las estructuras sintácticas y sustantivas de cuerpos organizados de conocimiento que de la capacidad para manipular alguna lógica abstracta o método intelectual, independiente del contenido” (Posner y Strike, 1976, citados por Guarro Pallás, 1985, pág. 211).

Ya hemos señalado en el apartado anterior lo que para Schwab es una disciplina científica y hemos visto el papel que esto ejerce en los procesos de aprendizaje. “... *los ejemplos propuestos no son sino datos que apoyan su tesis central de que la investigación tiene su origen en una estructura conceptual que determina qué datos deseamos hallar, qué experimentos llevaremos a cabo y la organización posterior de los datos obtenidos*”. (Schwab, 1973, citado por Guarro Pallás, 1985, pág. 126). Es esa estructura conceptual, ese cuerpo propio de conocimiento, ese marco teórico de referencia, lo que guía los procesos de indagación, lo que delimita la interpretación que se haga de ellos y de sus resultados y, consecuentemente, lo que permite que se realice verificación y ampliación del conocimiento producido en y desde la propia disciplina. Esto es, hablamos de heurística y la heurística afecta a las materias científicas, entendiéndolo, claro está, por ciencia la construcción de conocimiento en cualquiera de sus campos o ámbitos. Esta forma de generar conocimiento es lo que caracteriza, desde la óptica schwabiana, a una disciplina y este proceso es el que deben seguir los estudiantes de modo que capten y aprehendan las propias maneras de la ciencia para que puedan estar en condiciones de negociarlas. Esto es lo que también Gowin (1981) nos propone con el uso de la V epistemológica o heurística como un instrumento de metaaprendizaje.

La organización del currículum centrada en las disciplinas que, como vemos, supone tomar decisiones en un primer nivel de diseño responde más a criterios lógico-epistemológicos que a criterios psicológicos y sociológicos; este primer nivel atiende a los fines de la enseñanza y, en coherencia con ello, si se pretende formar científicos, el currículum estará impregnado de la lógica de las disciplinas. Debemos, por lo tanto, conocer no sólo la estructura conceptual sino también la forma en que se genera y esto es, según Schwab, crucial para que el alumnado desarrolle modos de pensamiento, ¡de representación!, consistentes y capte esas estructuras sustancial y sintáctica; este planteamiento no necesariamente obliga a renunciar al carácter integrador que prima en los diseños basados en criterios psicológicos y sociológicos defendidos por Kelly.

Como vemos, este primer nivel de diseño muestra controversias aparentemente irresolubles. Recordemos que es un nivel de intenciones, orientativo, político, si se quiere, y que afecta a currícula completos; las opciones y decisiones tomadas en el mismo guardan una estrecha relación con lo que es el segundo nivel de diseño que es el objeto de nuestro análisis. Este segundo nivel es el que afecta intrínsecamente a las materias o disciplinas, a su organización interna.

De acuerdo con Guarro Pallás (1985), atendemos en este nivel a un criterio epistemológico por el que nos encontramos con dos planteamientos, de nuevo, marcadamente contrapuestos: inductivo e hipotético-deductivo que impregnan sendas tradiciones curriculares así como de análisis y organización del contenido.

“ Posner y Strike (1976) caracterizan la tradición inductivista a partir de la obra de Hume porque opinan que la influencia de aquélla sobre algunas teorías de enseñanza actuales se cataliza a través de ese pensador. Según ellos, el empirismo de Hume es más una teoría sobre la formación de conceptos que una teoría de la verificación. Para Hume, empirista radical, el conocimiento se origina en la experiencia a través de las percepciones o impresiones. A partir de ellas, se

producen las ideas, que no son sino copias mentales de las impresiones. Por último, la mente humana produce, y ése es su único poder, la asociación o vinculación de ideas de acuerdo con principios tales como su similitud, contigüidad espacial y temporal y su relación causa-efecto. Las generalizaciones de alto nivel se construyen a partir de las de niveles más bajos. En última instancia, no hay nada en la mente del hombre que antes no estuviera en los sentidos”. (Guarro Pallás, 1985, pág. 152).

Estos planteamientos, como sabemos, se han aplicado a la enseñanza y han dejado sentir una intensa influencia en la organización del conocimiento para la misma. Es esta filosofía la que está en la base de la llamada tradición “Botton up” de organización del contenido o modelos “de abajo hacia arriba” de los que los más claros representantes son el modelo de enseñanza programada y las jerarquías de aprendizaje de Gagné, que guardan relación con las aplicaciones técnicas de análisis de tareas y que plantean la conceptualización articulada en torno a prerrequisitos. Lógicamente, estos planteamientos tienen graves repercusiones para el diseño de la enseñanza. (Guarro Pallás, 1985).

“Esta estrategia que obscurece la diversidad de posibles relaciones entre los elementos del contenido, también puede obscurecer la relación de la estructura del contenido con las operaciones cognitivas La noción limitada de estructura del contenido que presentan Gagné, White, los demás investigadores de la tradición “Botton-up” frustra las cuestiones que se podrían plantear acerca de la diversidad de propósitos para los que sirve una estructura de contenido. Por ejemplo, se puede querer estructurar el contenido, no para hacer que el aprendizaje del alumno sea más eficiente, sino para alterar su estructura cognitiva y adaptarla a la estructura de la asignatura. Por tanto, el enfoque de las jerarquías de aprendizaje para la construcción del currículum parece ser inadecuado, tanto para reflejar las propiedades conceptuales del contenido como la diversidad de propósito que encierra su estructuración”. (Posner y Strike, 1976, citados por Guarro Pallás, 1985, pág. 204).

Ya hemos comentado al hablar de la necesidad de analizar el contenido que no hay una única lógica posible, que hay más de una forma de estructurar el contenido y que se trata de generar significado psicológico en los estudiantes partiendo de y usando el significado lógico que caracteriza a las disciplinas científicas. (Ausubel, 1978, Moreira, 1983, 1996). Desde esta perspectiva y teniendo esta premisa como meta, parece evidente que la tradición que acabamos de exponer no responde de manera eficaz a estos planteamientos en la medida en que este significado lógico se adquiriría, consecuentemente con el inductivismo, “a posteriori”, es decir, al final del trabajo realizado con las jerarquías de aprendizaje, con las unidades, etc.

En el otro extremo de la controversia, y desde el punto de vista epistemológico, podríamos situar el racionalismo crítico de Karl Popper.

“Es común llamar “inductiva” a una inferencia, en caso de que conduzca de enunciados singulares (...) tales como descripciones de los resultados de

observaciones o experimentos, a enunciados universales, tales como hipótesis o teorías.

Ahora, está lejos de ser obvio desde un punto de vista lógico, tener justificación para inferir enunciados universales de enunciados singulares, independientemente de cuán numerosos sean éstos; en efecto, cualquier conclusión adquirida de este modo siempre puede resultar falsa. Independientemente de cuántos cisnes blancos podamos observar, eso no justifica la conclusión de que todos los cisnes son blancos”. (Popper, 1985, citado por Lang Silveira, 1994, pág. 4).

El conocimiento desde esta perspectiva no es una realidad objetiva alcanzable por medio de la observación, experimentación, ..., aprendizaje, a través de los cuales se descubre, sino que es una construcción humana. *“Las teorías científicas son construcciones que incluyen en su origen aspectos no completamente racionales, tales como la imaginación, creatividad, intuición, etc. (...) Son tentativas humanas de describir y entender la realidad”.* (Lang Silveira, 1994, pág. 5). Son, por lo tanto, conjeturas o enunciados generales a partir de los que se deducen enunciados particulares. Hablamos, pues, de un planteamiento epistemológico hipotético-deductivo, en contraposición con el inductivismo anterior. Este sustrato filosófico impregna y orienta, también, un modo determinado de tratar la organización del contenido, marcado por la tradición “Top-down” o “de arriba hacia abajo”. Esta tradición surge en los años 50 en torno al movimiento del “currículum basado en la estructura de las disciplinas” del que ya hemos hablado y del que Schwab es uno de sus más destacados representantes.

“En general, partían del supuesto básico de que los conceptos pueden generar sus propios ejemplos y no son la mera suma de ellos, que contrasta con la posición adoptada por la tradición del “Botton-up”. De ahí se deriva una idea fundamental que debería guiar la elaboración del currículum: capacitar a los alumnos para derivar hechos y ejemplos particulares por sí mismos a partir de la comprensión de la estructura de las disciplinas”. (Guarro Pallás, 1985, pág. 209).

La preocupación por el aprendizaje se centra en el desarrollo cognitivo así como en la forma en la que se procesa la información y no en conductas o en tareas observables. Son investigadores representativos de esta corriente Bruner, Schwab, Taba, ... (Guarro Pallás, 1985).

El análisis y la organización del contenido no fueron suficientemente tratados en estas primeras formulaciones, si bien es cierto que autores como Schwab ya habían planteado su crucial influencia en el diseño del currículum y en los procesos educativos; surgen diferentes teorías de aprendizaje (Ausubel, 1963, 1968; Norman, 1976; Anderson et al., 1977; Hewson y Posner, 1984) y, derivados de ellas, aparecen diferentes instrumentos y soluciones didácticas (Guarro Pallás, 1985), pero ninguna de ellas plantea un análisis serio y riguroso del contenido objeto de enseñanza; tampoco se plantea de manera explícita un modelo para organizar la enseñanza desde esta perspectiva.

Además de los niveles uno y dos ya comentados, existe un tercer nivel que, lógicamente, se ve influido por las decisiones tomadas en los dos anteriores; este tercer

nivel de diseño se articula en torno a las lecciones, unidades didácticas, centros de interés, ..., es decir, en torno a la unidad interna a la propia disciplina, unidad que organiza la presentación última al alumnado y determina su trabajo con la misma. En la medida en que las decisiones relativas a este nivel dependen del anterior, que representan un espacio de decisión propio y específico de cada docente, que implica la secuenciación y la estructuración de todo el contenido desde su óptica y que escapan a nuestros propósitos, obviamos introducirnos en él.

Nos hallamos inmersos, pues, en el segundo nivel de diseño, en una opción epistemológica disciplinar, suficientemente documentada y justificada y, dentro de la misma, en una posición heurística hipotético-deductiva, caracterizada por modelos de diseño y de enseñanza-aprendizaje “de arriba hacia abajo” o “Top-down”; todo ello delimita nuestro marco teórico de referencia para poder resolver ese gran problema pendiente de análisis y organización del contenido.

Explicitada nuestra posición teórica, el paso siguiente es encontrar algún modelo que nos permita enfrentarnos a la cuestión. Estamos hablando de contenido, de enseñanza, de aprendizaje, ... y se ha puesto de manifiesto que no son cosas que podamos separar tan claramente y que podamos estudiar de manera aislada. Ya hemos visto que nuestras decisiones dependen de nuestras propias creencias, que están impregnadas de teoría, de nuestras propias teorías, de nuestros propios modelos mentales y conceptuales. Pretendemos organizar la enseñanza de nuestro alumnado y queremos ser eficaces en ello. ¿Pero qué es lo que tenemos que hacer?.

“Efectivamente, se trata de diseñar una secuencia didáctica del contenido y por lo tanto hay que poner especial énfasis en el proceso de aprendizaje del alumno. Pero quizás por enfatizar demasiado este aspecto se olvidó que la significatividad del aprendizaje no sólo depende del conocimiento previo del alumno acerca del contenido (Ausubel, 1963, 1968), sino también de que en el proceso de enseñanza-aprendizaje se muestren al alumno las interrelaciones existentes entre los contenidos que se pretenden enseñar. Y este último requerimiento sólo puede cumplimentarse previo análisis del contenido que se pretende enseñar para disponer las estrategias adecuadas”. (Guarro Pallás, 1985, pág. 236).

Las cosas siguen estando relacionadas, los distintos elementos se nos siguen interconectando y hasta confundiendo, existen interacciones evidentes entre unos y otros; ahora surgen, también y cómo no, estrategias. La tradición escolar no ha sido muy proclive a la consideración de este asunto, por lo que es difícil encontrar modelos o sistemas que nos permitan clarificar y delimitar, así como facilitar, las tareas de análisis y organización del contenido. Si además pretendemos dar con un sistema que sea consistente con nuestra posición epistemológica, evidentemente, las dificultades son mayores. A pesar de ello, no hemos desistido en nuestro empeño y hemos encontrado dos modelos que la investigación educativa ha contrastado y que son coherentes y consistentes con la posición que defendemos; se trata de la Teoría de la Elaboración, propuesta por Reigeluth (1979) y del modelo propuesto por Moreira (1996) para la organización de la enseñanza desde la

perspectiva de la Teoría del Aprendizaje Significativo. Veamos brevemente en qué consisten los modelos que “a priori” nos pueden resolver el problema pendiente.

A: Teoría de la Elaboración:

“La Teoría de la Elaboración incorpora tanto los principios que rigen el aprendizaje humano como los que rigen la construcción del conocimiento, completando así la base teórica de la que se derivan las prescripciones para un diseño racional de la enseñanza”. (Guarro Pallás, 1985, pág. 236).

La Teoría de la Elaboración es una teoría de diseño y de análisis del contenido aplicable al nivel dos de los que ya hemos comentado. Afecta al dominio cognoscitivo y no a otros y, lógicamente con lo que pretende, es aplicable a niveles educativos en los que los contenidos juegan el papel predominante. Esta teoría propugna la secuencia del contenido de lo general a lo detallado y la síntesis como elementos básicos. Como vemos, este enfoque es consistente con nuestros planteamientos epistemológicos y con nuestras necesidades.

“No debemos olvidar que la Teoría de la Elaboración es una macroestrategia para la organización del contenido y que le concierne la secuencia, síntesis, resumen, etc, de los contenidos cuando se presentan en grandes secciones y relacionados entre sí”. (Guarro Pallás, 1985, pág. 310).

La teoría fundamenta los distintos tipos de contenido; relaciona estos contenidos con las estrategias; establece relaciones y delimita las estructuras de contenido que surgen de las mismas. Sus componentes estratégicos son: secuencia elaborada, secuencias particulares de prerrequisitos, resúmenes, síntesis, analogías, activadores de estrategias cognitivas y formato de control del alumno. (Guarro Pallás, 1985).

“El modelo utiliza epítomes para proporcionar una integración conceptual similar a la que realiza el esquema. El epítome enseña de forma general las relaciones conceptuales más importantes que presenta un tópico en una disciplina”. (Guarro Pallás, 1985, pág. 261).

Lo que nos proponemos analizar es precisamente esa estructura conceptual; queremos llegar a lo que realmente es relevante para la organización de la enseñanza en una disciplina dada y para eso es para lo que, parece ser, este modelo resulta idóneo. Para explicar el proceso de “epitomización” se ha usado frecuentemente la analogía del zoom; hacemos aproximaciones sucesivas, cada vez más particularizadas, que suponen el conocimiento y la comprensión de “la instantánea” anterior. Este proceso afecta a un único tipo de contenido que puede ser conceptual, “procesal” o teórico, en función de los objetivos generales del curso; el resto de los contenidos actúa como contenido de soporte.

“En esencia, el proceso de “epitomización” supone:

- *Selección de un tipo de contenido como “contenido de organización” a partir de los objetivos del curso.*
- *Listado de todo el contenido que debe enseñarse en el curso.*

- Selección de unas pocas ideas básicas sobre el contenido.
- Presentación de esas ideas en el nivel de aplicación enfatizando sus interrelaciones". (Guarro Pallás, 1985, pág. 319).

Este proceso responde a una larga lista de principios que lo sustentan y justifican y que escapan al objeto de esta exposición. De todos ellos deriva un modelo general para la organización y tres modelos particulares (en función del tipo de contenido). El modelo general se presenta en la Fig. nº 1; la Tabla nº 1 expone los pasos que se deben seguir en la estructuración de la enseñanza que suponga contenido cognitivo.

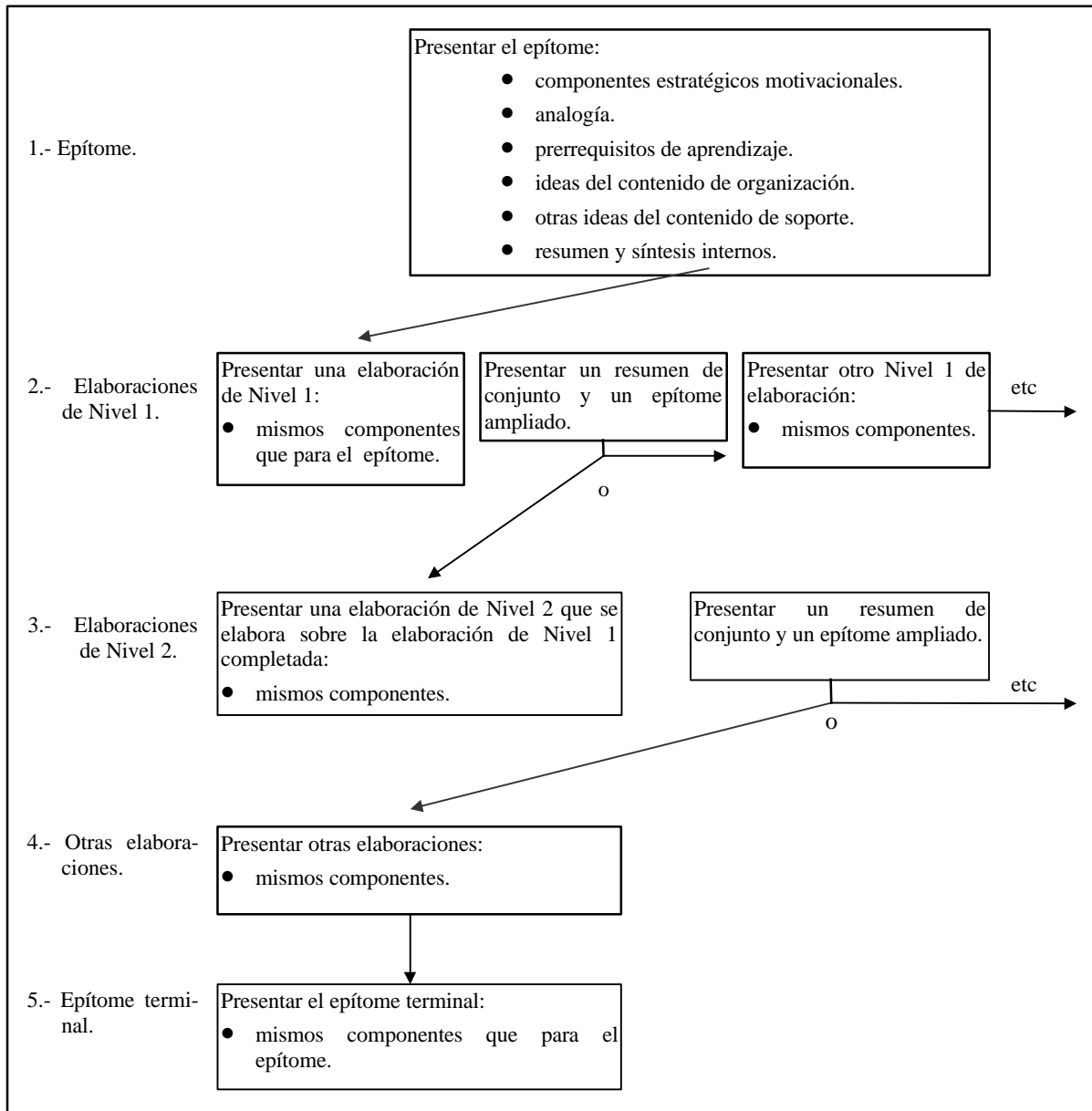


Fig. nº 1: Representación diagramática del MODELO GENERAL DE ELABORACIÓN (Extraído de Guarro Pallás, 1985).

Tabla nº 1: Los seis pasos del procedimiento para el diseño de estructuración de la enseñanza para cualquier curso que suponga contenido cognitivo. (Reigeluth, 1979) (Extraído de Guarro Pallás, 1985).

Paso 1 Elección del tipo de estructura de orientación.	Paso 2 Elaborar esa estructura de orientación.	Paso 3 Analizar la estructura de orientación.	Paso 4 Identificar y crear las estructuras de soporte.	Paso 5 Identificar las elaboraciones particulares.	Paso 6 Diseñar el epítome y todas las elaboraciones.
<ul style="list-style-type: none"> • Conceptual. • Procesal. • Teórica. 	<p>2a: Conceptual. Desarrollar todas las taxonomías útiles de clases y partes, seleccionar las más importantes y combinarlas en una matriz si es posible.</p> <p>2b: Procesal. Identificar todos los pasos y vías alternativas útiles para ser aprendidos y combinarlos en una estructura procesal.</p> <p>2 c: Teórica. Identificar todos los principios importantes que deben ser aprendidos y combinarlos en una estructura teórica.</p>	<p>Decidir los aspectos de la estructura de orientación que debería comprender el epítome y cada nivel de elaboración.</p> <p>3 a: Conceptual. Reducir la estructura de orientación a la forma del epítome. Añadir niveles para formar cada nivel de elaboración.</p> <p>3 b: Procesal. Eliminar simultáneamente ramas y trozos del epítome. Cortar separadamente cada paso general para formar cada nivel de elaboración.</p> <p>3 c: Teórica. Reducir la estructura de orientación a la forma del epítome. Usar la importancia del orden de rango y/o una estructura conceptual paralela para identificar los principios para cada nivel de elaboración.</p>	<p>Identificar todos los objetivos explicativos, procesales y contextuales inalcanzables y crear las correspondientes estructuras de soporte. Después identificar los prerequisites de aprendizaje inalcanzables y hacer sus correspondientes estructuras de aprendizaje.</p>	<p>Dividir cada nivel de elaboración en sus elaboraciones particulares de acuerdo con la parte del epítome o de la elaboración que esté siendo realizada.</p>	<p>Diseñar el epítome:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sintetizador general. • constructos. • epítome ampliado. <p>Diseñar cada elaboración en el nivel primario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sintetizador general. • constructos. • sumario. • epítome ampliado. <p>Diseñar el epítome terminal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • estructura de orientación. • estructuras de soporte importantes.

B: Modelo de organización de la enseñanza desde la perspectiva de la Teoría del Aprendizaje Significativo.

Moreira (1996) propone un modelo de organización de la enseñanza congruente con la Teoría del Aprendizaje Significativo en la perspectiva de Ausubel, Novak y Gowin. Contempla la organización de toda la enseñanza y, por lo tanto, es un modelo que abarca no sólo la organización del contenido sino que implica e incorpora el resto de los elementos del currículum.

“Para organizar la enseñanza consistentemente con la teoría de Ausubel, la primera, y usualmente difícil, tarea es (...) la identificación de los conceptos básicos de la materia de enseñanza y la forma en la que están estructurados. Una vez resuelto este problema, se puede prestar atención a otros aspectos”. (Moreira, 1996, pág. 6).

El contenido, como vemos, ejerce en este modelo un papel central, prioritario, a partir del que, una vez que se hayan identificado y estructurado los conceptos relevantes, podemos atender a su enseñanza-aprendizaje. La materia objeto de enseñanza, la disciplina, constituye uno de los pilares de ese sistema, lo que responde a nuestro planteamiento teórico.

“Una vez que el problema organizativo substantivo (identificación de los conceptos organizadores básicos de una disciplina dada) está resuelto, la atención puede dirigirse a los problemas organizativos programáticos implicados en la presentación y organización secuencial de las unidades componentes. Aquí, esto es una hipótesis, son aplicables varios principios relativos a programación eficaz del contenido, independientemente del área de conocimiento. Estos principios naturalmente incluyen y reflejan la influencia de las variables de la estructura cognitiva anteriormente citadas. Estas variables incluyen no sólo la disponibilidad de una idea-ancla relevante, su estabilidad y claridad, sino también su discriminabilidad del material de aprendizaje”. (Ausubel, 1978, citado por Moreira, 1996, pág. 6).

El modelo que comentamos surge de la aplicación de los principios y presupuestos básicos que la Teoría del Aprendizaje Significativo postula para la construcción del aprendizaje en el alumnado al trabajo docente inmediato; se trata de organizar la labor profesional de la enseñanza del mismo modo que nos planteamos los procesos de aprendizaje de los estudiantes si nos situamos en esta perspectiva teórica. Como se recordará, esta teoría forma parte de las teorías cognitivas que se incluyen en la tradición “Top-down” que hemos comentado anteriormente, por lo que responde a nuestras exigencias epistemológicas y conecta con ellas. Concretamente, la Teoría del Aprendizaje Significativo centra sus postulados teóricos en la construcción del conocimiento, por lo que se enmarca dentro de la filosofía constructivista. El modelo que se plantea (Moreira, 1996) y que deriva de lo anterior pretende aplicar el conocimiento producido en términos de aprendizaje del alumnado desde esta perspectiva a la construcción del conocimiento docente y, por lo tanto, potencia su perfeccionamiento; este doble nivel docente/discente resulta particularmente interesante y nos obliga a reflexionar y a profundizar en los requerimientos y exigencias que demandamos del alumnado, tema en el que habitualmente no se entra y que desde el propio modelo se nos propone. De este modo, podremos entender mejor y de manera más fiable las dificultades que tienen los jóvenes con los que trabajamos de cara a su aprendizaje, pues serán las mismas que tengamos los supuestos “expertos” en nuestro aprendizaje profesional y se harán evidentes si para ambos niveles utilizamos el mismo modelo. Por lo tanto, hemos de recuperar los principios que Ausubel define: diferenciación progresiva, reconciliación integrativa, organización secuencial y

consolidación y traducirlos a la organización de la enseñanza, aplicarlos en la misma. En este contexto:

“La diferenciación progresiva se ve como un principio programático de la materia de enseñanza según el cual las ideas más generales e inclusivas del contenido deben presentarse al principio de la instrucción y, progresivamente, deben ser diferenciadas en términos de detalle y especificidad. Al proponer esto, Ausubel se basa en dos hipótesis (1978, pág. 190): 1) es menos difícil para los seres humanos captar aspectos diferenciados de un todo más inclusivo previamente aprendido que llegar al todo a partir de sus partes diferenciadas previamente aprendidas; 2) la organización del contenido de una disciplina concreta en la mente de un individuo es una estructura jerárquica en la cual las ideas más inclusivas están en el tope de la estructura y, poco a poco, incorporan proposiciones, conceptos y hechos menos inclusivos y más diferenciados”. (Moreira, 1996, pág. 6).

Lo anterior muestra fiel y claramente la tradición “Top-down” a la que aludíamos. Nos propone una forma concreta de abordar la organización del contenido, pero esto no es suficiente; no nos basta con eso porque no sólo establecemos conexiones entre conceptos y proposiciones en este sentido en nuestra estructura cognitiva.

“Por otro lado, la programación del contenido no debe sólo proporcionar la diferenciación progresiva, sino también explorar, explícitamente, relaciones entre conceptos y proposiciones, llamar la atención a las diferencias y similitudes relevantes y reconciliar inconsistencias reales y aparentes. Esto debe hacerse para que se alcance lo que Ausubel llama la reconciliación integrativa y que él describe como una antítesis de la práctica usual de muchos libros de texto, separando ideas y tópicos en capítulos y secciones no relacionados entre sí”. (Moreira, 1996, pág. 7).

Como ya sabíamos, la instrucción, la enseñanza, desde este enfoque teórico, debe favorecer que el alumnado realice esta diferenciación progresiva y esta reconciliación integrativa; lo que se nos dice desde este modelo es que esto no es posible si no organizamos el contenido atendiendo a los mismos presupuestos teóricos. De este planteamiento deriva la idea de las jerarquías conceptuales; pero estas jerarquías de las que nos habla Ausubel no tienen nada que ver con las jerarquías de aprendizaje que postula Gagné que, como se recordará, responden a planteamientos de prerrequisitos consistentes con el inductivismo y, consecuentemente, con la tradición “Botton-up”. Las jerarquías conceptuales no responden a prerrequisitos sino que son estructuras coherentes de contenido sujetas a diferenciación progresiva y a reconciliación integrativa, que facilitan la aprehensión de ese contenido, su aprendizaje; éste se verá potenciado si la presentación del mismo responde a esas jerarquías conceptuales.

“Ausubel sustenta el punto de vista de que cada disciplina académica tiene una estructura articulada y jerárquicamente organizada de conceptos que constituye el sistema de informaciones de esa disciplina. Se cree que esos conceptos estructurales pueden ser identificados y enseñados al alumno, constituyendo para él

un sistema de procesamiento de informaciones, un verdadero mapa intelectual que puede usarse para analizar el dominio particular de la disciplina y resolver problemas en ella. La determinación de cuáles son los conceptos más generales e inclusivos, de cuáles son los conceptos subordinados de un cuerpo de conocimiento y de cómo todos esos conceptos están organizados estructural y jerárquicamente, no es una tarea fácil. No obstante, como ya se ha dicho, desde el punto de vista ausubeliano, el desarrollo de conceptos se produce de mejor forma cuando los conceptos más generales e inclusivos se introducen en primer lugar y, entonces, el concepto es progresivamente diferenciado, en términos de detalle y especificidad. Por otro lado, Novak (1977) argumenta que para que se alcance la reconciliación integrativa de forma más eficaz se debe organizar la enseñanza “descendiendo y ascendiendo” en las estructuras conceptuales jerárquicas, a medida que la nueva información se presenta. Es decir, se empieza con los conceptos más generales, pero es preciso ilustrar luego de qué modo los conceptos subordinados están relacionados con ellos y, entonces, volver, a través de ejemplos, a nuevos significados para los conceptos de orden más alto en la jerarquía”. (Moreira y Masini, 1982, citados por Moreira, 1996, pág. 8).

El establecimiento de estas jerarquías conceptuales responde, pues, a los principios ausubelianos y tiene una clara influencia tanto en los procesos de organización de la enseñanza (docentes) como en los de aprendizaje (estudiantes). Estas jerarquías que van de arriba hacia abajo, de abajo hacia arriba y en la horizontal tienen por objeto discriminar los conceptos y las proposiciones que los sustentan y pueden plasmarse a través de los mapas conceptuales que Novak (1977, 1988) nos ha propuesto. Como ya hemos expresado, no existe “el” mapa conceptual que responda, tampoco en este contexto, a “la” organización de la disciplina; se trata, solamente, de que nos preocupemos por organizar nuestra enseñanza de acuerdo con “un” mapa conceptual que responda a los principios antes mencionados. Y de acuerdo con lo anterior, “a posteriori”, hemos de tener en cuenta que la secuenciación de los contenidos que presentemos a los estudiantes sea fiel, también, a dichos principios. No es más que la búsqueda de la coherencia con lo anterior, coherencia que permita el establecimiento de relaciones naturales de dependencia de los distintos conceptos y de los niveles en los que los hayamos situado. En este sentido, Ausubel incorpora otra premisa: la consolidación; si un contenido no se ha aprendido de manera clara, estable y organizada, no podremos aprender o hacer que se aprenda otro que jerárquicamente establezca relaciones con él. No hablamos de dominio ni de prerrequisitos; hablamos de relaciones naturales de dependencia y de la necesidad de que se establezcan de modo también natural proponiendo secuencias jerarquizadas que permitan incorporar nueva información, nuevas proposiciones y nuevos conceptos a los esquemas globales que las mismas suponen.

La Fig. nº 2 muestra el modelo para la organización de la enseñanza del que hemos expuesto sus elementos fundamentales en los últimos párrafos. Como se ve, incorpora otros elementos del currículum claramente interconectados que no hemos comentado porque nos hemos centrado en sus implicaciones para la organización del contenido ya que es el asunto que queremos resolver. Cabe insistir, sin embargo, en la idea de que el currículum es una unidad, un todo en el que todos sus elementos guardan una estrecha relación con los demás hasta el extremo de que las decisiones que se toman con respecto a cada uno de ellos (Niveles dos y tres de diseño), afectan directamente a los demás; en este sentido, este

modelo ofrece una gran coherencia no sólo para la organización del contenido sino para planificar toda la docencia, para hacer un diseño global de la misma.

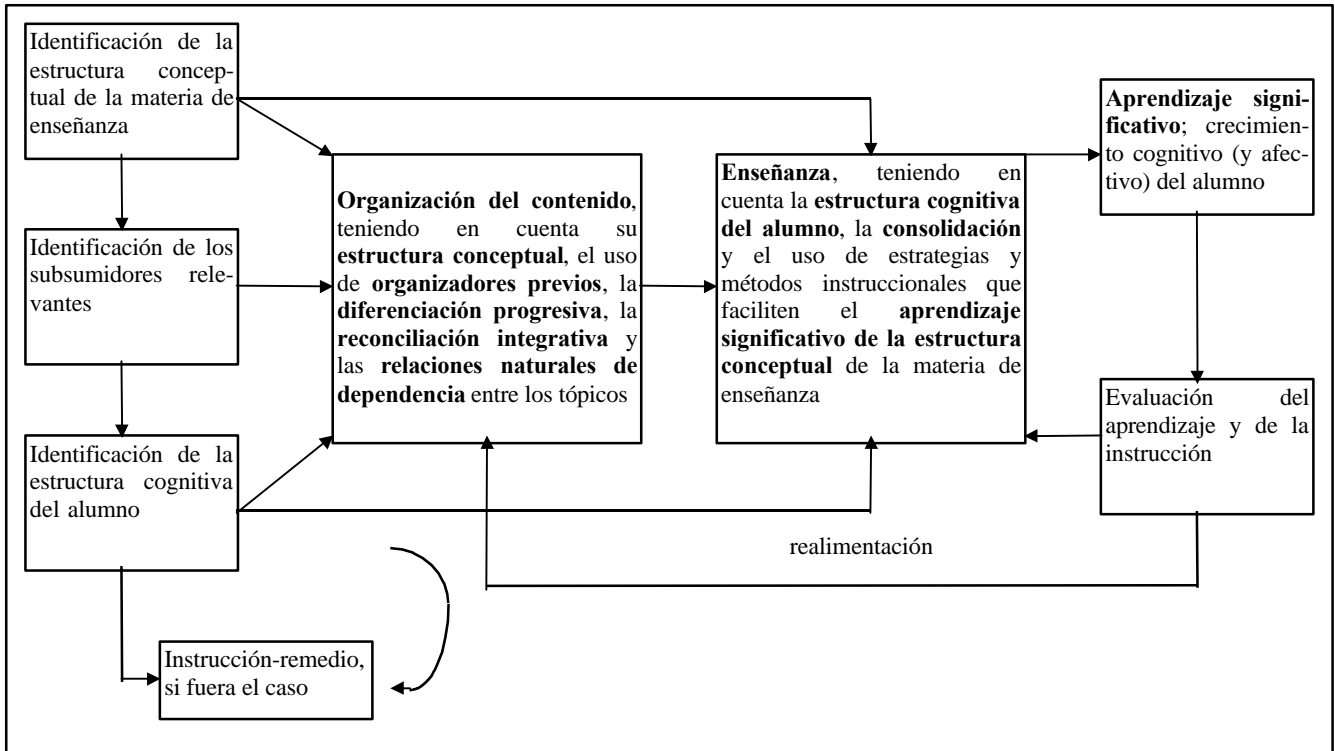


Fig. nº 2. Un modelo para organizar la instrucción consistentemente con la teoría de Ausubel. (Extraído de Moreira, 1996).

Llegados a este punto, ¿son contrapuestos los modelos propuestos? ¿son alternativos? ¿son complementarios?. Nuestro problema, recordemos, es buscar una forma de abordar el estudio del contenido porque hemos sentido esa necesidad y porque nos hace falta atenderla para organizar nuestra enseñanza y, consecuentemente, el aprendizaje de nuestro alumnado. Nos hemos encontrado con diferentes modelos incardinados en distintas opciones epistemológicas y tradiciones didácticas y, dentro de lo que responde a nuestros planteamientos teóricos, hemos visto que podemos utilizar los dos modelos que hemos expuesto. ¿Por qué los dos? Tienen muchos aspectos en común:

- Ambos se encuadran en la tradición “Top-down”: La Teoría de la Elaboración plantea secuencias de lo general a lo detallado y síntesis; los presupuestos y premisas ausubelianos nos plantean diferenciación progresiva/reconciliación integrativa.
- La Teoría de la Elaboración plantea la “epitomización”, estableciendo diferentes niveles de elaboración y la Teoría del Aprendizaje Significativo, y concretamente su aplicación a la docencia, nos habla de jerarquías de aprendizaje, aportando, además el uso de organizadores avanzados.
- En ambos planteamientos es necesario desarrollar o construir unos determinados aprendizajes antes de abordar otros y en ningún caso se requiere dominio ya que hablamos de construcción de conocimiento.

- Ambos modelos de organización utilizan hechos, conceptos, principios o proposiciones, si bien es cierto que la categorización de los mismos se hace de manera más explícita en la Teoría de la Elaboración.

No estamos equiparando conceptos de ambos planteamientos o teorías, no estamos diciendo que exista una relación directa entre los conceptos usados por una y otra. Únicamente se quiere dejar constancia de que son modelos que responden a nuestras necesidades y que están teóricamente justificados; dan cuenta del “pensar” en el análisis y la organización del contenido para la enseñanza facilitando pautas concretas que solucionan el “hacer” de nuestro problema, a saber: disponer de mecanismos claros y consistentes que faciliten la forma de abordar el contenido. Ambos referentes teóricos nos permiten definir con nitidez los modelos conceptuales que precisamos para la enseñanza y, consecuentemente, para la construcción de los modelos mentales correspondientes en el alumnado. Tanto uno como otro ofrecen soluciones para ello; por lo tanto, podemos considerarlos alternativos.

3.- ¿Qué Biología Celular enseñamos? Aplicación de los modelos de análisis y organización del contenido a la célula y a su funcionamiento.

Una vez explicitado y fundamentado el marco teórico de referencia y habiendo encontrado modelos capaces “a priori” de solucionar el problema del análisis y la organización del contenido para la enseñanza, en términos generales, corresponde ahora pasar a la acción contrastando y poniendo en práctica dichos modelos en el contexto específico del contenido seleccionado para la Biología Celular de COU (Curso de Orientación Universitaria -estudiantes de 17/18 años).

Contenido, contenido, contenido, ...; se ha hecho un uso hasta abusivo en las páginas precedentes de esta etiqueta ¿o palabra? ¿o concepto? pero hasta ahora, y aunque hemos hablado varias veces de ello, no nos hemos referido a su significado. Será previo, pues, aclarar este asunto en aras de poder establecer la interacción pertinente que nos lleve a su negociación. En definitiva: ¿qué es lo que se está entendiendo por “contenido”? *“Entendemos por contenidos cualquier aspecto de la realidad de nuestro marco sociocultural capaz de ser conocido y en relación al cual, el alumno puede realizar diferentes tipos de aprendizaje de mayor o menor complejidad”* (Coll, 1986, citado por Blanco y Gómez, 1989, pág. 15).

El contenido constituye uno de los elementos básicos del currículum, como hemos visto en lo que se ha expuesto, junto con los objetivos, la metodología y la evaluación. En esa medida ha sido conceptualizado de muy diversas maneras, en función de la propia idea que se tenga de lo que el currículum representa. Podría decirse que es contenido todo aquello que es susceptible de ser aprendido; es, por lo tanto, *“el producto de una transformación o reelaboración que realiza la escuela del conocimiento sobre el que se produce el aprendizaje del alumno”* (Diseños Curriculares. Bachillerato. Introducción a la Etapa. Gobierno de Canarias, 1991, pág. 44).

En la medida en que se hace una transformación y una reelaboración del conocimiento producido -en términos de estructura sintáctica y substancial de las

disciplinas- para definir el contenido curricular y, por lo tanto, enseñable, hemos de atender necesariamente a tres tareas fundamentales: selección, análisis y organización del mismo. Y estas tareas nuevamente afectan a distintos niveles de diseño y de decisión. La primera de ellas, selección, nos viene dada en los niveles uno y dos que, como se recordará, operan sobre finalidades y currícula completos y sobre las propias disciplinas (o áreas, en su caso), quedando el tercer nivel de decisión (unidades, tópicos, ...) a cargo de la responsabilidad individual de cada docente. Las otras dos tareas, análisis y organización, son las que, como hemos expuesto, queremos abordar en el segundo nivel de decisión o, lo que es lo mismo, y para el nivel que nos ocupa, el trabajo de la asignatura a lo largo de un curso escolar.

Comenzaremos por el análisis y para ello necesariamente tenemos que recurrir a conceptos y explicaciones generales antes de su aplicación al contexto específico de la Biología Celular. Como hemos visto en las exposiciones relativas a los modelos que utilizaremos para ello más adelante, insistentemente tanto uno como otro utilizan: hechos, conceptos, principios, proposiciones, procedimientos, procesos. En ambos modelos, como ha quedado de manifiesto, se nos plantea la necesidad de delimitar estas categorías de contenido, si bien es cierto que este requisito resulta imprescindible y se ve atendido de manera más rigurosa en el seno de la Teoría de la Elaboración que lo hace explícitamente. Este análisis es necesario porque no todos los contenidos se aprenden de la misma manera, no todos activan los mismos procesos en las estructuras cognitivas de los estudiantes. El currículum debe hacer la reelaboración y transformación del contenido necesaria y suficiente para que el alumnado capte del significado lógico de las disciplinas que lo definen los elementos básicos que le permitan establecer su propio significado psicológico.

“No debería olvidarse que además de los cuerpos de conocimiento organizado que representan la sabiduría colectiva y registrada de reconocidos eruditos en campos particulares de investigación, existen estructuras psicológicas de conocimiento correspondientes, que están representadas por la organización de las ideas y la información internalizadas en las mentes de los estudiantes individuales, que poseen grados variables de madurez cognoscitiva y avezamiento en la materia, en estas mismas disciplinas”. (Ausubel, 1963, en Elam, 1973, pág. 212).

Y lo que nos está diciendo la Teoría Curricular y, en particular, la Teoría de la Elaboración, es que esto tiene que ver con las formas de operar y de enseñar/aprender las distintas categorías del contenido; por eso es por lo que hemos tenido que abordar dichas categorías. ¿Pero cuáles son éstas? Como ya hemos visto, tanto en uno como en otro modelo de los que ya hemos expuesto podríamos definir:

“Un hecho es un enunciado en el que se relacionan arbitrariamente dos o más objetos, símbolos, situaciones, etc, reales o imaginarios. Su aprendizaje se lleva a cabo solamente por repetición.

Los conceptos designan un conjunto de hechos, ... con cierta característica común. Es un enunciado que consta de un nombre y una serie de atributos que lo caracterizan. Se presentan generalmente como definiciones.

(Los) principios son enunciados que describen los cambios de un objeto, situación o conjunto de ellos, su transformación por la acción de algún proceso

regido por leyes. Su presentación más habitual es a través de enunciados. Es el tipo de contenidos más complejo; para su aprendizaje es necesario que el alumno active su capacidad de análisis.

(Los) procedimientos son enunciados que describen un conjunto de acciones ordenadas y orientadas a la ejecución de una acción, cuya complejidad determina la naturaleza del procedimiento. Este contenido supone un <saber hacer>”. (Diseños Curriculares. Bachillerato. Introducción a la Etapa. Gobierno de Canarias, 1991, pág. 45-46).

Estas categorías de análisis surgen de la consideración de los tipos de contenidos en relación e interacción con los tipos de operaciones que pueden establecerse entre los conceptos; desde esta perspectiva, tenemos que recurrir a la Teoría de la Elaboración y estudiar los elementos que utiliza:

“Referente (ejemplo): (...) es un objeto, acontecimiento o símbolo que existe, o podría existir, en nuestro medio ambiente real o imaginario.

Concepto: (...) es una serie de características (atributos) comunes referenciados por un nombre o etiqueta particular que puede ser aplicada a una serie de referentes (ejemplos de ese concepto).

Operación: (...) es una serie de funciones o una serie de operadores que especifican una especial organización entre un dominio y un rango.

Dominio: (...) es una serie de referentes sobre los que la operación actúa o se aplica.

Rango: (...) es una serie de referentes que resultan de la aplicación de una operación a un dominio.

Constructo: (...) es una construcción que consiste en un dominio, una operación y un rango” (Reigeluth, Merrill y Bunderson, 1978, citados por Guarro Pallás, 1985, pág. 291).

¿Existe alguna relación entre las categorías de contenido que hemos expuesto y lo que nos dice la cita precedente? Efectivamente; los tipos de contenido con poder o capacidad prescriptiva para el diseño de la enseñanza, para el currículum, y, por lo tanto, los que son potencialmente enseñables son: hechos, conceptos, principios y procedimientos, si excluimos los que hoy por hoy tienen esa misma capacidad prescriptiva, incluso en los Diseños Curriculares y Decretos de Contenidos Mínimos y que atienden al ámbito afectivo (normas, valores y actitudes) que en el análisis que nos ocupa obviamos. Sobre esos contenidos existen diferentes posibilidades o niveles de tarea: recuerdo, uso, descubrimiento y lógicamente pueden darse o podemos establecer distintas operaciones que pueden ser relacionales, descriptivas y productivas. Estos elementos (referentes, operaciones, niveles) son los que nos permiten definir y caracterizar las categorías de contenidos que hemos expuesto. Por ejemplo: un constructo caracterizado por una operación relacional, en la que se establece una relación “uno a uno”, es un hecho. Si combinamos el tipo de aprendizaje (podríamos decir, el nivel de la tarea) con la operación que se realiza, se obtienen esas diferentes categorías de contenido; eso es lo que se expresa en la Tabla nº 2.

Tabla nº 2: Tipos de contenido y operaciones que caracterizan los constructos. (Extraído de Guarro Pallás, 1985).

		OPERACIONES		
		relacionales	descriptivas	productivas
TIPOS DE CONTE NIDO	significativo		“Características o Atributos”, “Unión”, “Intersección” [CONCEPTOS]	“Producción”, “Descomposición”, “Transformación” [PRINCIPIOS]
	mecánico	“Orden”, “Identidad” [HECHOS]	“Inclusión” [CLASIFICACIONES]	“Orden” [PROCEDIMIENTOS]

Desde esta perspectiva se ha hecho el análisis de los contenidos seleccionados para la asignatura objeto de este estudio. Esa selección, como ya se ha comentado, responde a los niveles uno y dos de diseño del currículum establecido para la misma. Nos centramos, pues, en la delimitación de las distintas categorías o, lo que es lo mismo, la aplicación de lo expuesto anteriormente en términos generales al contexto específico de la célula y de su funcionamiento. Para ello, se expondrá aquel contenido que se ha incluido en cada una de las categorías justificando por qué se ha considerado pertinente dicha inclusión. Previamente, y con objeto de que se puedan interpretar correctamente las categorías y los ejemplos establecidos, se expone el Currículum Oficial en su totalidad, es decir, la selección realizada para la asignatura que nos ocupa (extraído de B.O.C. nº 133, de 31 de octubre de 1994).

BIOLOGÍA. INTRODUCCIÓN

El amplio abanico de disciplinas biológicas hace que la Biología interese a estudiantes con inclinación hacia un variado espectro de estudios universitarios, como Ciencias de la Salud, Agronomía, Ciencias del Mar, Química, Veterinaria, Geología, Farmacia, etc., o las mismas Ciencias Biológicas.

El programa de Biología de C.O.U. contempla en sus diferentes módulos los principios unificadores de la Biología: la composición química de los seres vivos, la célula o unidad estructural y funcional básica, los mecanismos moleculares y de transmisión hereditaria en la reproducción de los organismos, más la globalización que se encuentra en la interacción de los seres vivos, con la aparición de mecanismos de defensa, y con el medio que los rodea.

Objetivos generales

- Dar la visión del componente molecular de los organismos, sin adentrarse en su descripción en campos como la química orgánica, afín a lo que se expone pero que resta tiempo, si no importancia, a lo que es relevante: la uniformidad molecular de los seres vivos; el conocimiento, que no memorización, de la estructura y la función de las biomoléculas, y la necesidad de su estructuración en las células.
- La biología celular como nivel básico de organización biológica será el módulo mejor desarrollado del temario de C.O.U.. Los conocimientos son estrictamente biológicos, a diferencia del nivel molecular, y la mayor parte de los temas puede ser tratada con la profundidad deseada, a diferencia de nivel de organismo o población.
- Se pretende que el alumno adquiera conocimientos básicos de reproducción y genética, de los procesos celulares que permiten la reproducción de los organismos y la transmisión de los caracteres hereditarios; que practique el análisis sencillo de la herencia y entienda los fundamentos biológicos subyacentes, sin caer en la “matemática biológica”.
- Aportar conocimientos básicos de Inmunología y Ecología con los que entender y discutir temas de actualidad y de gran impacto social, como las enfermedades inmunitarias (SIDA) o la interacción ecología-medioambiente.

Contenidos

- Introducción.
- Niveles de organización.
- Características de los seres vivos.
- Componentes de los seres vivos.
- Bioelementos y biomoléculas.

MÓDULO: MOLECULAR

Tema 1.- Biomoléculas inorgánicas. Agua y sales minerales.

Objetivos mínimos:

- Composición de los seres vivos: funciones y necesidades del agua y sales minerales, sin abundar en propiedades físicas o químicas de las sustancias o las soluciones.

Tema 2.- Glúcidos. Generalidades y clasificación. Estructura química y propiedades de monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Funciones biológicas.

Objetivos mínimos:

- Definir glúcidos atendiendo a su composición química.
- Reconocer aldosas y cetosas. Presentar las fórmulas lineales y cíclicas de la glucosa, fructosa, ribosa y desoxirribosa.
- Enlace O-glucosídico. Disacáridos. Ejemplos sencillos: maltosa, lactosa y sacarosa.
- Polisacáridos. Ejemplos sencillos: almidón, glucógeno y celulosa.
- Funciones biológicas de los glúcidos.

Tema 3.- Lípidos. Generalidades. Acilglicéridos: ácidos grasos, estructura y función. Fosfolípidos: estructura y función. Otros lípidos de interés biológico: ceras, pigmentos, hormonas, esteroides ...

Objetivos mínimos:

- Definir lípidos atendiendo a su composición química (diversa) y función.
- Destacar el papel energético de los ácidos grasos y su participación en la estructura de otros lípidos complejos.
- Destacar el papel estructural de los fosfolípidos.
- Destacar la función de otros lípidos, describiendo su fórmula química: ceras, pigmentos, hormonas, etc.

Tema 4.- Proteínas. Aminoácidos (aminoácidos esenciales, concepto). Polipéptido (Enlace peptídico). Estructura de las proteínas. Propiedades y funciones biológicas. Enzimas.

Objetivos mínimos:

- Definir proteínas atendiendo a su composición y propiedades físico-químicas: desnaturalización.
- Definir aminoácido y describir su fórmula general. Variaciones de la fórmula general: "tipos" de aminoácidos.
- Enlace peptídico.
- Estructura de las proteínas (ejemplos de proteínas y su estructura).
- Funciones biológicas de las proteínas.
- Enzimas: mecanismos de acción enzimática. Factores que afectan a la actividad enzimática.
- NOTA: Destacar el papel de los enzimas en el metabolismo celular.

Tema 5.- Ácidos nucleicos. Generalidades. Nucleósidos y nucleótidos (ATP, NAD, FAD, NADP). Estructura y función del ADN. Estructura y funciones del ARN.

Objetivos mínimos:

- Concepto de nucleótido y nucleósido.
- Importancia biológica de los nucleótidos ATP, NAD, NADP, FAD. Mención de las implicaciones metabólicas de la energía química del ATP y del poder reductor del NAD, NADP, FAD, etc.
- Describir la estructura del ADN.
- Describir la estructura del ARN: tipos de ARN en la célula.
- Papel del ADN y del ARN en la transmisión de la herencia. Mención de la importancia de la estructura (secuencia de bases, polaridad de la molécula, diferencias ARN, ADN, etc) en la transmisión y expresión de los caracteres hereditarios.

MÓDULO: BIOLOGÍA CELULAR

Tema 6.- Organización acelular. Estructura y composición de los virus. Ciclo biológico.

Objetivos mínimos:

- Describir los virus como “sistemas-estructuras” acelulares en el contexto de la organización celular: necesidad de célula hospedadora e infección vírica.
- Tipos de virus según naturaleza del hospedador y composición química.
- La infección vírica: sus fases y consecuencias para la célula.

Tema 7.- Organización celular. Concepto de célula: teoría celular. Procariotas: características generales de las bacterias (morfología, multiplicación, fisiología y metabolismo). Eucariotas: la célula animal y vegetal.

Objetivos mínimos:

- Conocer (comentar) la historia del estudio de las células.
- Conocer los enunciados de la teoría celular.
- Conocer las diferencias entre la organización celular procariota y eucariota.
- Describir las principales características morfológicas, metabólicas y fisiológicas de las bacterias en el contexto de la comparación con eucariotas.
- Tipos de procariotas atendiendo a sus necesidades energéticas y de carbono. Diversidad fisiológica y metabólica de las bacterias (fotolitotróficas, fotoorganotróficas, quimiolitotróficas y quimioorganotróficas).
- Conocer las variaciones en la morfología celular eucariota animal y vegetal.

Tema 8.- Membrana plasmática y pared celular vegetal. Estructura y función de la membrana plasmática. Estructura y función de la pared celular.

Objetivos mínimos:

- Conocer el modelo de membranas biológicas.
- Transporte de moléculas a través de la membrana: difusión simple, difusión facilitada y transporte activo. Transporte masivo: exocitosis y endocitosis.
- Conocer la estructura y función de la pared celular vegetal.

Tema 9.- Citoplasma. Matriz citoplasmática. Citoesqueleto celular. Cilios y flagelos.

Objetivos mínimos:

- Conocer la composición y la organización de la matriz citoplasmática.
- Conocer la estructura y la organización de los componentes del citoesqueleto celular: microtúbulos, microfilamentos y filamentos intermedios (citoesqueleto celular).
- Conocer la estructura y la función de cilios y flagelos.

Tema 10.- Endomembranas. Retículo endoplasmático y ribosomas. Aparato de Golgi. Lisosomas. Peroxisomas. Vacuolas.

Objetivos mínimos:

- Conocer orgánulos citoplasmáticos con envuelta membranaria.
- Conocer la estructura, la función y las interacciones de los distintos orgánulos (R.E. y Aparato de Golgi: Sistema Interno de Membranas).

Tema 11.- Orgánulos energéticos. Estructura y función de las mitocondrias y de los cloroplastos.

Objetivos mínimos:

- Conocer la estructura de las mitocondrias.
- Relacionar estructura y función.
- Conocer la estructura de los cloroplastos.
- Relacionar estructura y función.

Tema 12.- Obtención de energía por los seres vivos. Metabolismo. Degradación anaerobia (fermentación). Respiración celular. Fotosíntesis.

Objetivos mínimos:

- Reconocer e interpretar esquemas metabólicos: ciclo de Krebs, hélice de Lynen.
- Relacionar la respiración celular con la cadena de transporte electrónica.
- Reconocer e interpretar esquemas de las fases de la fotosíntesis: fase de captación de luz, ciclo de Calvin y fijación del carbono.

Tema 13.- Núcleo celular. Núcleo interfásico. Cromatina. Nucleolo. Cromosomas: forma y número (cariotipo). Mitosis: etapas e importancia en el contexto del ciclo celular.

Objetivos mínimos:

- Diferenciar los componentes del núcleo interfásico.

- Proceso de duplicación del ADN: duplicación semiconservativa.

MÓDULO: REPRODUCCIÓN Y GENÉTICA.

Tema 14.- Reproducción. Concepto de reproducción: reproducción y multiplicación.

Meiosis: fases e importancia (sobrecruzamiento). Ejemplos de fecundación y ciclos de vida.

Objetivos mínimos:

- Destacar el papel del intercambio genético que se produce en la reproducción, la reducción y variabilidad generada por la meiosis y su importancia evolutiva.
- Diferenciar el papel de la mitosis y la meiosis en la propagación de las especies usando ejemplos de ciclos de vida con alternancia de generaciones.

Tema 15.- Genética molecular. Del gen a la proteína: transcripción y traducción de la información genética.

Objetivos mínimos:

- Destacar la naturaleza del mensaje contenido en el ADN: secuencia de bases y concepto de gen.
- Interpretar el código genético y sus características: universalidad, degeneración, etc.
- Destacar el papel de los ribosomas como “catalizadores” macromoleculares (ARN y proteínas) de la síntesis proteica.

Tema 16.- Transmisión de los caracteres. Leyes de Mendel. Herencia intermedia (codominancia, grupos sanguíneos). Teoría cromosómica de la herencia. Herencia ligada al sexo. Mutaciones: alteración en la estructura y número cromosómico. Resolución de problemas.

Objetivos mínimos:

- Enunciar las leyes de Mendel usando alguno de sus caracteres.
- Identificar carácter mendeliano con gen y formas génicas.
- Localizar los genes en los cromosomas.
- Resolver problemas sencillos de caracteres que se transmiten de forma mendeliana, con codominancia, ligados al sexo.
- Por su complejidad, obviar problemas de genes ligados y análisis de recombinantes, mapas génicos, etc.
- Se sugiere, como actividad, discutir las bases de la ingeniería genética, la regulación génica, el cáncer, etc.

MÓDULO: INMUNOLOGÍA Y ECOLOGÍA.

Tema 17.- Inmunidad. Concepto y tipos. Respuesta celular y humoral. Concepto de suero y vacuna.

Objetivos mínimos:

- Destacar el papel del sistema inmunitario en la “autodefensa de los organismos”.
- Discutir los siguientes conceptos: antígeno, anticuerpo y reacción.
- Discutir el papel de las células sanguíneas linfocitos, macrófagos, etc. en la respuesta inmune.
- Sueros y vacunas: recuerdo.

Tema 18.- Ecología. Conceptos básicos. Factores ambientales. Ecología trófica: flujo de energía y ciclos de la materia en los ecosistemas. Interacciones de los organismos. Sucesiones ecológicas.

Objetivos mínimos:

- Conocer el ecosistema como unidad de estudio de la ecología. Sus componentes.
- Conocer las distintas facetas en la aproximación al estudio y la descripción de los ecosistemas.
- Conocer los procesos y elementos del ecosistema que concurren en el flujo de energía y el ciclo de la materia en los ecosistemas (redes tróficas, nicho ecológico, producción primaria, producción secundaria, descomposición).
- Conocer las interacciones entre los organismos y sus consecuencias.
- Conocer los principales sucesos de la evolución de los ecosistemas.

ORIENTACIONES SOBRE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

- El tema de “Origen de la vida” como hilo conductor del tema de introducción de los conceptos biológicos básicos.

- Lograr que el alumno reconozca las fórmulas químicas de las biomoléculas, sin que necesariamente las memorice. No abundar en química orgánica.
- Practicar el reconocimiento de la ultraestructura celular eucariota con la ayuda de esquemas y/o microfotografías.
- Plantear las rutas metabólicas teniendo en cuenta el objetivo del proceso, los productos iniciales y finales (sin memorizar balances), qué estructuras participan, ...
- Interpretar esquemas generales del metabolismo celular que incluyan las distintas partes de la célula.
- Actividades (seminarios, excursiones, etc), no evaluables a efectos de selectividad, con las que se incrementen los objetivos mínimos del módulo de Inmunología-Ecología.

CRITERIOS GENERALES DE EVALUACIÓN

Capacidades evaluables:

- Definir y relacionar los conceptos básicos de la Biología, con especial atención a los incluidos en el temario.
- Mostrar capacidad para desarrollar las cuestiones de forma clara, coherente y utilizando el lenguaje adecuado.
- Comprender los conceptos básicos referentes a la morfología, estructura y funcionamiento de la célula, manejando modelos y teorías.

Estructura de la P.A.A.U.

- Se plantearán dos opciones que recojan todos los aspectos del temario. El alumno deberá elegir una de ellas y contestar todas las preguntas que la componen.

Baremo:

- En la cabecera del examen figurará la puntuación de cada pregunta, que variará dependiendo de la dificultad de la misma.
- Se valorará la presentación, ortografía y calidad de la redacción.

Con la idea global que se deriva de lo anterior, pasemos a analizar el contenido seleccionado que se articula en torno a la misma haciendo uso para ello de la caracterización de los diferentes tipos de contenido que ya se ha expuesto.

- **Hechos:** “Atmósfera primitiva” y “Tierra primitiva” se han considerado hechos en la medida en la que se establece una operación relacional entre cada uno de estos conceptos de dominio y lo que representan o definen como rango, a saber: un conjunto de características (pero sólo uno) hoy por hoy irrepetibles que dieron como consecuencia la aparición de la primera célula. Es una relación arbitraria. En este sentido, y por las mismas razones, la primera célula, su aparición, es también un hecho.

Las fórmulas y los ejemplos son hechos, desde esta perspectiva, porque son en la misma medida relaciones arbitrarias; responden a referentes con los que se han construido esos conceptos que guardan una relación de identidad (“uno a uno”) entre conceptos de dominio y de rango. Las fórmulas responden a los nombres que se les han asignado, del mismo modo que cada uno de esos nombres responde a sustancias concretas a las que se les han asignado dichas fórmulas. En cada uno de estos casos hablamos, como decíamos, de una operación relacional.

- **Conceptos:** como se recordará, responden a conjuntos de hechos que muestran alguna característica común. Los conceptos, de los que ya hemos hablado desde diferentes puntos de vista, son etiquetas aplicables a aquello que presenta una serie de características o atributos que los hacen distinguibles. Suponen, pues, aplicación, uso, recuerdo y descubrimiento, en suma, una construcción que tenga significado y que respondan a operaciones de tipo descriptivo. El contenido seleccionado para la Biología

Celular es extraordinariamente abundante, desde nuestra perspectiva, en esta clase de contenido, constituyendo el peso fundamental de la misma. Los hay de tres tipos:

- características o atributos.- ser vivo (rango): aquello que realiza nutrición, relación y reproducción y que, además, va localmente en contra del principio de entropía (dominio).
- de unión.- célula (rango): aquello que tiene membrana plasmática, citoplasma, material nuclear y realiza un conjunto de reacciones químicas (dominio).
- de intersección o limitación.- procariota (rango): aquella célula que, como tal, hace reacciones químicas y tiene membrana plasmática y citoplasma pero carece de núcleo (dominio).

La lista de ejemplos de conceptos, como decíamos antes, es muy larga: materia, energía, vida, biomolécula, glúcidos, lípidos, hialoplasma, ribosomas, vacuolas, inmunidad, herencia, mutación, reproducción, etc, etc.

- Principios: los principios responden a aprendizajes significativos en los que se establecen operaciones productivas que son aquéllas que se dan entre varios (¡muchos!) conceptos de dominio y varios (¡muchos!) conceptos de rango; podemos diferenciar tres tipos: de producción, de descomposición y de transformación. En todos ellos debemos identificar, pues, los conceptos de dominio, la operación que se realiza con ellos y los conceptos de rango que resultan de la misma.

Son principios de producción:

- Origen de la vida
- Teoría celular.
- Propiedades y funciones biológicas del agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.
- Síntesis proteica.
- Mitosis.
- Meiosis.
- Leyes de Mendel.

Es un principio de descomposición:

- Metabolismo.

Son principios de transformación:

- Respiración celular.
- Fermentación.
- Fotosíntesis.
- Catabolismo de lípidos.
- Anabolismo de lípidos.
- Desaminación y transaminación.

Veamos un ejemplo de cada una de las clases de principios relacionados, de manera que sirvan de ejemplo de lo ya explicado en términos teóricos:

- Producción: Síntesis proteica.
 - Dominio: aminoácidos, RNAm, RNAt, ribosomas, ATP, metabolismo.
 - Operación: reacciones químicas (endergónicas).
 - Rango: proteínas, anabolismo, materia compleja.
- Descomposición: Metabolismo.
 - Dominio: materia, energía, entropía, célula, ser vivo, nutriente.
 - Operación: reacciones químicas -transformaciones-.
 - Rango: catabolismo, anabolismo, exergónico, endergónico, materia simple, materia compleja, integración metabólica.
- Transformación: Respiración celular:
 - Dominio: glucosa, digestión, materia, energía.
 - Operación: metabolismo -glucolisis- (exergónico).
 - ↙ • Rango: Ácido pirúvico.
 - ↘ • Dominio: Ácido pirúvico.
 - Operación: metabolismo -ciclo de Krebs- (exergónico).
 - ↙ • Rango: NADH, FADH, GTP.
 - ↘ • Dominio: NADH, FADH, GTP.
 - Operación: metabolismo -cadena transportadora de electrones y fosforilación oxidativa- (exergónico).
 - Rango: ATP.

Los ejemplos expuestos son, desde nuestro punto de vista, muestras claras de lo que se entiende por principio como categoría de contenido.

- Procedimientos: suponen el “saber hacer”; responden a una operación productiva que establece un orden entre las distintas fases que nos permiten relacionar varios (¡muchos!) conceptos de dominio con varios (¡muchos!) conceptos de rango a través de una operación determinada. Describen, por lo tanto, conjuntos de acciones ordenadas y encaminadas a la consecución de un fin.

El contenido seleccionado para comprender y aprehender el significado del concepto de célula y de su funcionamiento explicita pocos procedimientos. Estarían dentro de esta categoría todas las clasificaciones, por ejemplo: bioelementos y biomoléculas; los distintos tipos de biomoléculas (inorgánicas y orgánicas); dentro de cada una de éstas, las distintas clases y sus ejemplos. Exponemos el procedimiento relativo a la clasificación de los glúcidos como ejemplo aplicable a los demás principios inmediatos orgánicos:

- Dominio:
 - 1.- Fijar criterios.
 - 2.- Ordenar los criterios fijados.
 - 3.- Aplicar los criterios según el orden establecido.
 - 4.- Establecer las categorías.

- Rango: Tipificación y clasificación de los glúcidos (osas o monosacáridos -aldosas y cetosas- /triosas, tetrosas, pentosas, hexosas, ...- y ósidos - holósidos: disacáridos y polisacáridos; y heterósidos).

Son procedimientos también las pautas de observación y de identificación de las propias células.

El análisis del contenido que hemos hecho, como decíamos al comenzar este apartado, es la segunda de las tareas relativas al contenido. Este análisis nos ha permitido reflexionar sobre el significado de cada una de las categorías que pueden definirse con respecto al mismo y, consecuentemente con ello, pensar en los procesos o estrategias adecuadas para poder alcanzar su aprendizaje por parte del alumnado. Como otras tantas, esta práctica no es habitual en el profesorado y no lo es porque no se ha capacitado a los docentes para ello. Como hemos tenido ocasión de ver, son muchos los autores que, sin llegar a explicitarlas claramente, utilizan estas distintas categorías, derivándose de sus palabras que efectivamente existen diferencias entre las mismas, tanto en términos genéricos y teóricos como de cara a su enseñanza, pero realmente no se ha profundizado en ello ni en la formación inicial ni en la formación permanente del profesorado. Y a juzgar por lo que se ha expresado, parece éste un eje fundamental en los procesos de enseñanza-aprendizaje, una tarea ineludible que, nuevamente, entra dentro del ámbito de responsabilidad docente sin la cual no se debería abordar la tercera y última tarea relativa al contenido como elemento del currículum: su organización. Para ello, como ya se ha comentado, utilizaremos dos modelos ya explicados; el análisis de las categorías de contenido que se ha realizado es necesario tanto en uno como en otro y, de hecho, al exponerlos hemos comprobado que los autores que los defienden utilizan en sus explicaciones y planteamientos hechos, conceptos, principios, proposiciones y procedimientos, categorías que son, al fin y a la postre, las que generan la construcción del conocimiento y, por lo tanto, las estructuras substancial y sintáctica de las disciplinas.

Veamos, pues, la organización del contenido de Biología Celular desde la perspectiva de ambos modelos.

A: La célula en la Teoría de la Elaboración.

Como se recordará, esta teoría “... *tiene como propósito fundamental prescribir criterios para seleccionar, secuenciar y organizar los contenidos educativos, de forma que se consiga una óptima adquisición, retención y transferencia de los mismos*”. (Del Carmen, 1990. Pág. 43).

Esta teoría responde a la tradición “Top-down” en la medida en que plantea una organización de lo global a lo particular, volviendo al principio a través de síntesis y resúmenes. Atiende de este modo tanto a la secuenciación como a la estructuración que son los dos problemas fundamentales de dicha organización; la secuenciación da cuenta de cuándo enseñar, estableciendo, por lo tanto, el orden de presentación de los contenidos, mientras que la estructuración responde a la forma en la que se relacionan los mismos en dicha presentación. La Teoría de la Elaboración representa un “procedimiento” en el más estricto sentido de la expresión (¡del concepto !) porque “*prescribe cómo organizar las*

secuencias instruccionales para hacer más eficaz el aprendizaje: la manera de organizar y secuenciar la enseñanza, la manera de impartir la enseñanza, la manera de motivar a los alumnos, la manera de evaluar los resultados, ...". (Reigeluth, 1979, citado por Román y Díez, 1990, pág. 94); y todo ello lo hace a través de una serie de pasos y fases que determinan cómo conseguir esta meta o fin a través del proceso de "epitomización", como hemos visto en el apartado anterior.

Desde la perspectiva expuesta, la primera tarea que hemos abordado, una vez analizado el contenido relativo a la célula, es el establecimiento de los seis pasos que nos conducen al diseño de la estructuración de su enseñanza, siguiendo como modelo la Tabla nº 1. El resultado de este trabajo figura en la Tabla nº 3. Como se puede observar en la misma, se ha optado por una estructura de orientación conceptual, decisión que se ha tomado a raíz del resultado obtenido al realizar el análisis del contenido que, como se ha comentado, resultó ser básicamente conceptual en la medida en que los conceptos ocupan el peso más fuerte y abundante en torno a los cuales se articula dicho contenido.

Una vez delimitada la estructuración, se ha elaborado el epítome correspondiente. *"El epítome es el elemento que permite articular las secuencias de enseñanza"*. (Del Carmen, 1990, pág. 43). Para ello, se ha utilizado el modelo expuesto en la Fig. nº 1, dando como resultado lo que mostramos en la Fig. nº 3.

Tabla nº 3: Diseño de la estructura de la enseñanza para la célula y su funcionamiento.

Paso 1 — Elección del tipo de estructura de orientación.	Paso 2 — Elaborar esa estructura de orientación.	Paso 3 — Analizar la estructura de orientación.	Paso 4 — Identificar y crear las estructuras de soporte.	Paso 5 — Identificar las elaboraciones particulares.	Paso 6 Diseñar el epítome y todas las elaboraciones.
<ul style="list-style-type: none"> • Conceptual. 	<p>T1: célula, vida, ser vivo, procarionota, eucarionota, Teoría Celular, atmósfera primitiva, Tierra primitiva.</p> <p>T2: nutrición, relación, reproducción, materia, energía, entropía.</p> <p>T3: bioelementos, biomoléculas, inorgánico, orgánico, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos.</p> <p>T4: metabolismo, anabolismo, catabolismo, fotosíntesis, síntesis proteica, fermentación, glucolisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones, fosforilación oxidativa.</p> <p>T5: membrana plasmática, citoplasma, ribosomas, citoesqueleto, endomembranas, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, núcleo.</p>	<p>Origen. Caracterización. Composición. Comportamiento (químico). Organización.</p>	<p><u>Objetivo central:</u> qué es, cómo es, cómo funciona una célula y cómo se origina como requisito básico para entender qué es, cómo es y cómo funciona un ser vivo y, consecuentemente, aprehender el concepto de vida.</p> <p><u>Estructuras de soporte:</u> “Procesales”: Clasificación de los principios inmediatos. Observación e identificación de distintas células y estructuras celulares.</p> <p><u>Teóricas:</u> Origen de la vida. Teoría Celular. Propiedades y funciones de los P.I. Síntesis proteica. Mitosis. Meiosis. Leyes de Mendel. Metabolismo. Respiración celular. Fermentación. Catabolismo y anabolismo de lípidos. Desaminación y transaminación.</p>	<p><u>Unidades didácticas:</u> Origen de la vida. Organiz celular. Glúcidos. Lípidos. Proteínas. Ác. Nucleicos. Bacterias.</p>	<p>Epítome diseñado en la figura nº 4.</p>

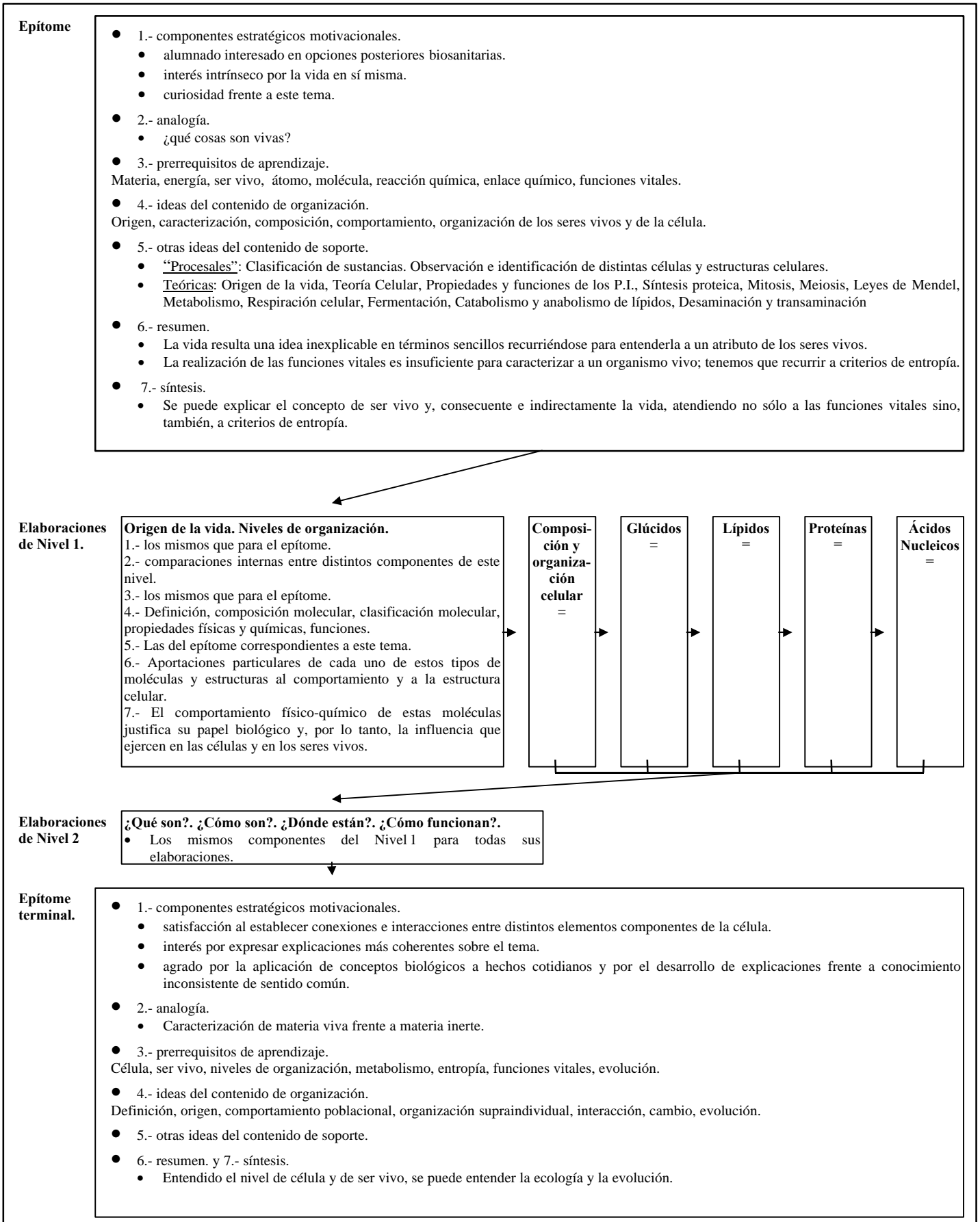


Fig. nº 3: “Epitomización” desarrollada para el contenido relativo a la célula y a su funcionamiento.

Estas tabla y figura muestran la aplicación de los presupuestos teóricos de la Teoría de la Elaboración a un contexto concreto; nos han permitido encontrar una respuesta coherente, útil y aplicable al problema que nos ocupa.

B: La célula a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo.

El modelo que se nos proponía desde esta óptica es un modelo global que abarca, como se recordará, no sólo la organización del contenido sino la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación, el currículum completo, en suma. Por lo tanto, afecta a los lugares comunes de Schwab (aprendiz, profesor, materia de enseñanza y matriz social) reformulados por Novak como: aprendiz, profesor, conocimiento, contexto y evaluación (Moreira, 1993). El modelo propuesto por Moreira (1996) se muestra en la Fig. nº 2 y ya ha sido explicado cuando se buscaba un referente teórico que diera cuenta de nuestras creencias y necesidades. Como hemos expuesto y justificado en su momento, nos hemos centrado en la organización del contenido aplicando los principios básicos de diferenciación progresiva, reconciliación integrativa y las relaciones naturales de dependencia entendiendo que de este modo se identifica la estructura conceptual de la materia objeto de estudio en la medida en que se delimitan las jerarquías conceptuales que nos permiten transferir el significado lógico de la disciplina al significado psicológico de los estudiantes y hacer que éste, por lo tanto, sea significativo para el mismo. Hemos hablado de estructura conceptual, de jerarquías conceptuales; ¿es que las otras categorías de contenidos no tienen importancia desde este modelo?. Nada más lejos de la realidad; de hecho, las propias citas de Ausubel y de Moreira reflejan la importancia de principios, proposiciones, hechos, Se hace hincapié, eso sí, en el papel de los conceptos con los que se construyen esos principios y proposiciones y que se ejemplifican con hechos porque se considera que la mente humana opera con conceptos en un lenguaje de alto nivel con el que se elabora y desarrolla todo lo demás. Por esa razón, una buena forma de plasmar la organización del contenido la constituyen los mapas conceptuales, pues, como instrumentos que son, representaciones externas, en definitiva, nos permiten jerarquizar esos conceptos, diferenciarlos, reconciliarlos, establecer relaciones naturales de dependencia y, como resultado de todo ello, determinar las jerarquías conceptuales que, trabajadas convenientemente, potencian el desarrollo de los aprendizajes esperados y deseados no sólo de conceptos, sino también de principios, proposiciones, procedimientos que, en el fondo, se construyen con ellos. Por esa razón, se han elaborado cinco mapas conceptuales correspondientes a otras tantas jerarquías -que se señalan en colores diferentes- que reflejan lo que es el contenido básico que permite entender la estructura y el funcionamiento celular que, como ya se ha comentado, ha resultado ser predominantemente conceptual. Estos mapas conceptuales son superponibles estableciéndose con facilidad relaciones naturales de dependencia y mostrando las consolidaciones necesarias y suficientes que favorecen una diferenciación progresiva y una reconciliación integrativa de lo que la célula es y de cómo funciona. Estos mapas se muestran en las figuras nº 4, 5, 6, 7 y 8. El mapa global se muestra en la Fig. nº 9.

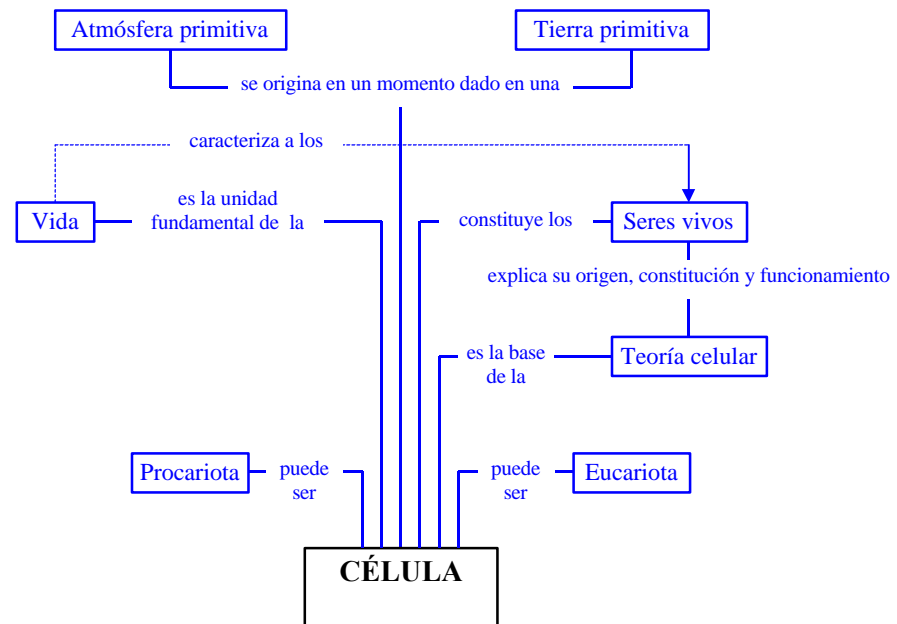


Fig. nº 4: Jerarquía conceptual relativa al origen y a la definición de célula.

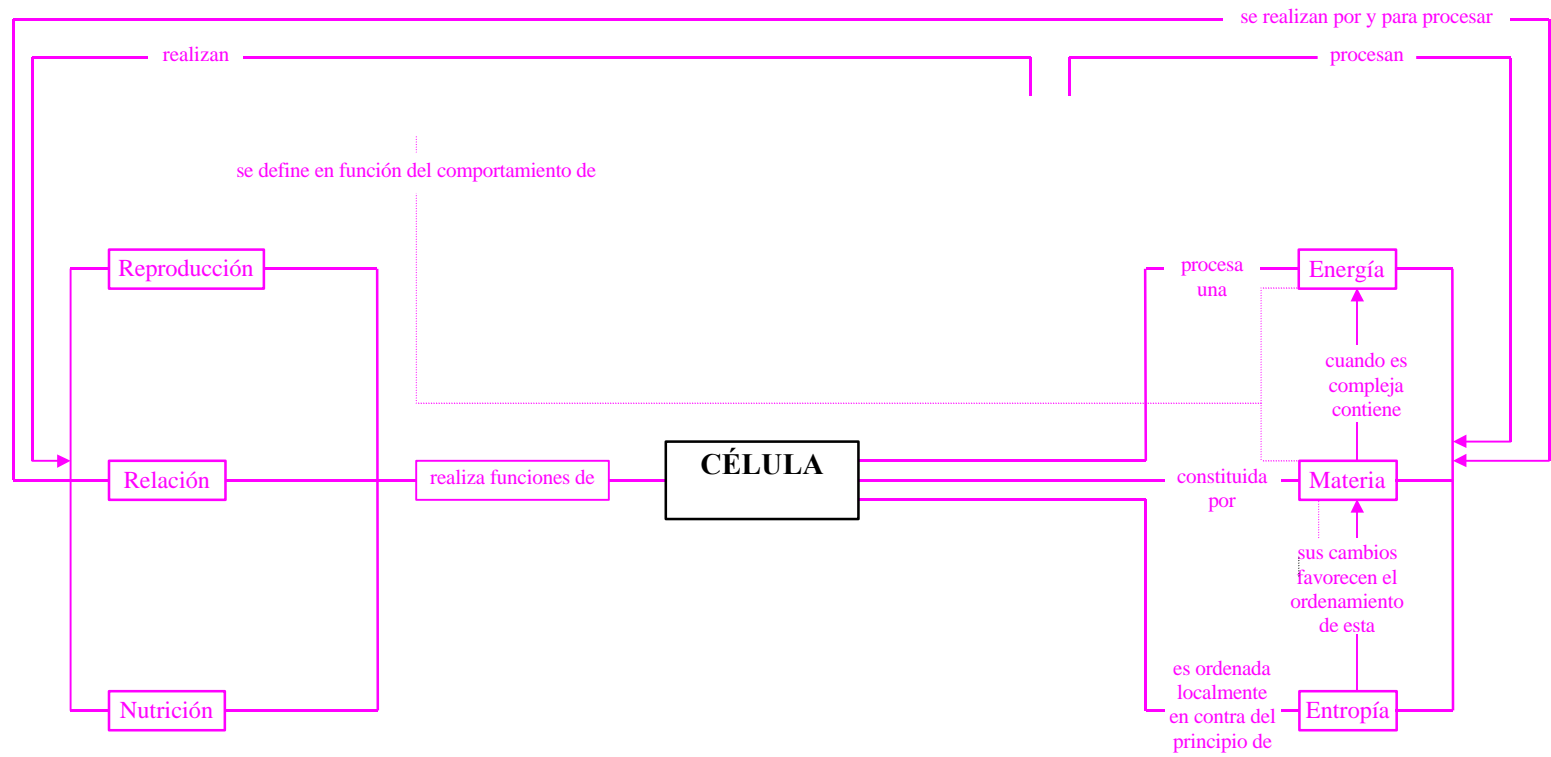


Fig. nº 5: Jerarquía conceptual confeccionada para las funciones y los requerimientos de una célula

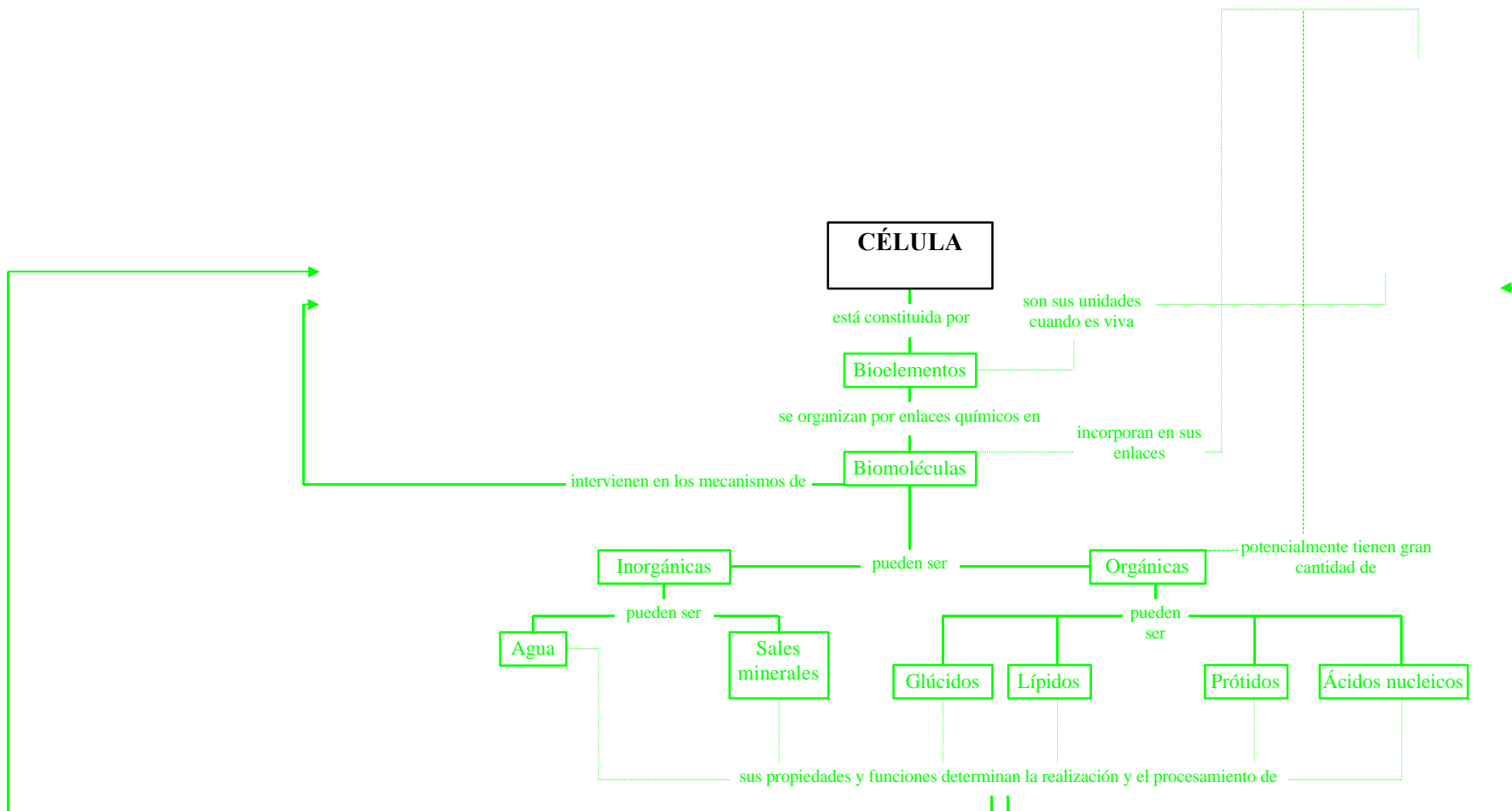


Fig. nº 6: Jerarquía conceptual centrada en la composición de una célula.

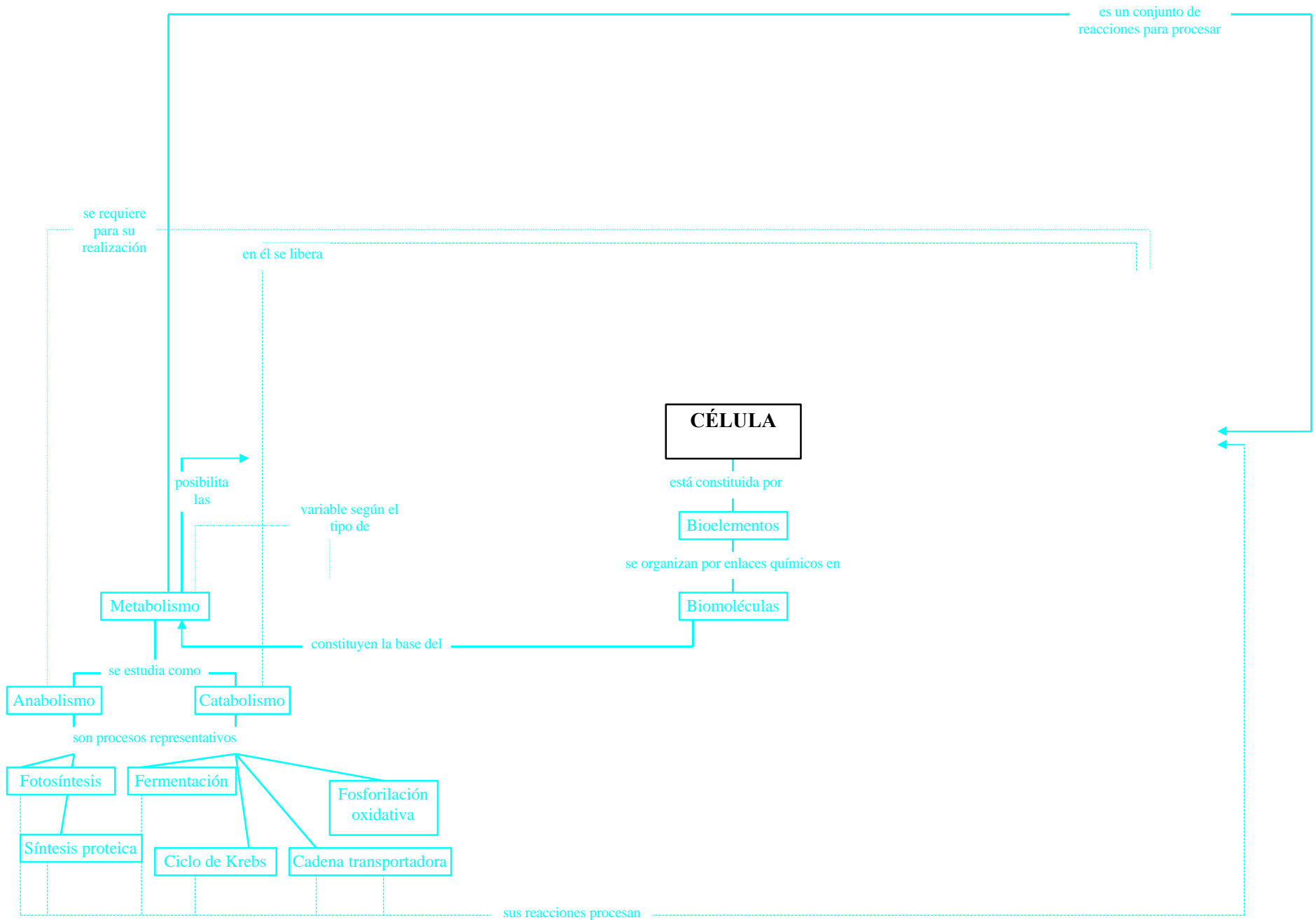


Fig. nº 7: Jerarquía conceptual planificada para el funcionamiento metabólico de la célula.

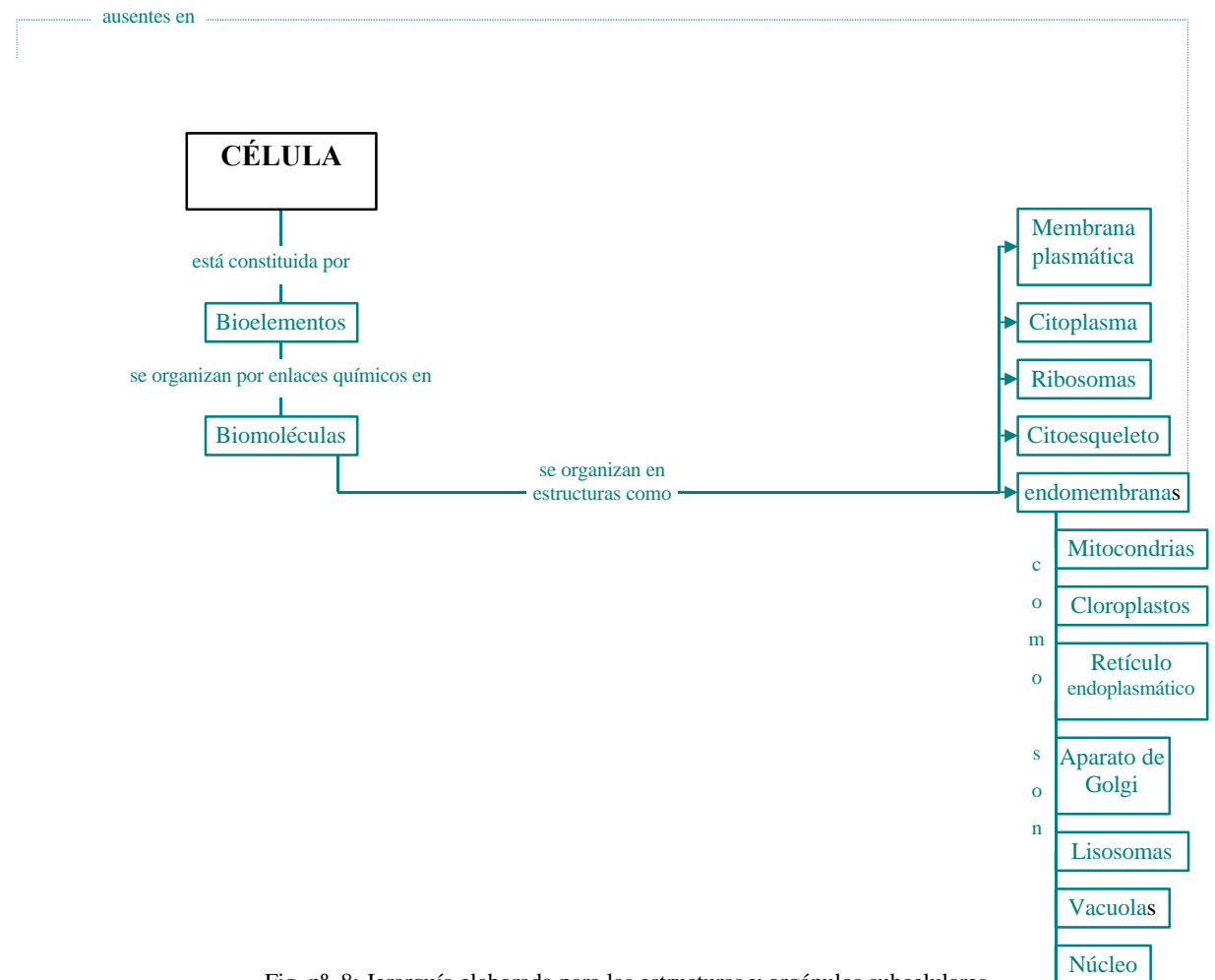


Fig. nº 8: Jerarquía elaborada para las estructuras y orgánulos subcelulares.

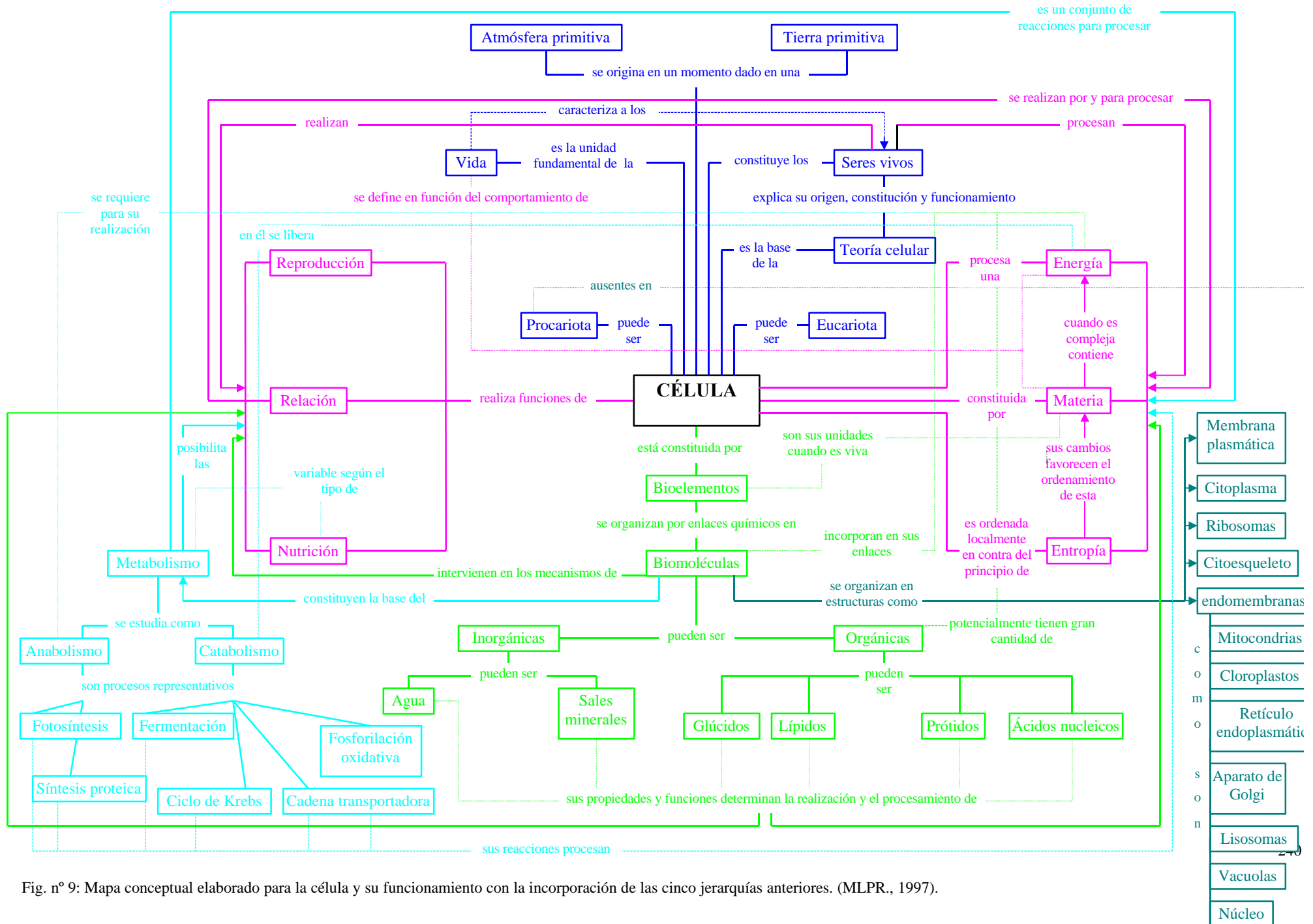


Fig. nº 9: Mapa conceptual elaborado para la célula y su funcionamiento con la incorporación de las cinco jerarquías anteriores. (MLPR., 1997).

Como ha podido apreciarse en los mapas conceptuales expuestos, el planteamiento epistemológico de fondo responde a un esquema que va de lo general a lo particular, por lo que, como vemos en la práctica, está dentro de la tradición “Top-down”. Y hablamos de práctica, de aplicación, de uso de un modelo; lo que hemos expuesto en estas figuras muestra que efectivamente es posible aplicar un modelo que habíamos propuesto en la sección anterior desde el punto de vista teórico; se ha visto en la acción que, como se había explicitado en su fundamentación, ésta es otra forma coherente, útil y aplicable, también, al problema que habíamos definido.

¿Y qué hacer ahora? ¿Por cuál de estas dos soluciones nos decantamos?. El planteamiento organizativo que se ha realizado de la asignatura, desde nuestra perspectiva, responde a una secuencia compleja convergente, según la cual cada uno de los principios inmediatos se trata desde diferentes puntos de vista (bioquímico, citológico, fisiológico, ...), siendo objeto cada uno de ellos de una unidad didáctica como esquema de presentación al alumnado que atiende a qué son, cómo son, dónde están y cómo funcionan cada una de esas moléculas. Esta secuencia ha quedado de manifiesto fundamentalmente en las elaboraciones de nivel 1 y nivel 2 del epítome desarrollado al efecto, en las que, como ya se ha mostrado, se han seleccionado contenidos de diferentes “temas” o epígrafes del Currículum Oficial (que suelen corresponderse con los presentados en los libros de texto) porque se entiende que se establecen entre ellos relaciones naturales de dependencia que, estructuradas de este modo, favorecen los procesos de diferenciación progresiva y reconciliación integrativa. Esto permitirá adquirir una visión global y jerarquizada de la estructura y del funcionamiento de una célula, como se muestra en las jerarquías conceptuales que, superpuestas, suponen y reflejan todo el contenido trabajado a lo largo del curso y permiten captar, precisamente, ambos procesos cognitivos. De este modo, se mantiene coherencia con los referentes teóricos que guían la concepción que se tiene de enseñanza y de aprendizaje, explicitada anteriormente y esto es lo que justifica la organización alternativa a la habitual, organización que se ha plasmado, como se recordará, utilizando como marcos teóricos la Teoría de la Elaboración y la Teoría del Aprendizaje Significativo. Ya se había planteado que “a priori” son modelos alternativos que tienen mucho en común; de hecho, el trabajo concreto con ambos en un contexto específico y para un contenido también específico así lo muestra. Ambos tienen grandes potencialidades pero no podemos olvidar, en todo caso, que efectivamente la Teoría de la Elaboración resulta de la integración de diferentes teorías, modelos y aportaciones y que se apoya tanto en la Psicología Cognitiva como en la Psicología del Procesamiento de la Información, pero hoy por hoy no se duda de que la influencia y aportación más importante la recibe, precisamente, de la Teoría del Aprendizaje Significativo. (Román y Díez, 1990; Del Carmen, 1990). Sin ánimo de conciliación, una conciliación que, a juzgar por lo expuesto, no parece necesaria, se ha elaborado un mapa conceptual ¡pero no de conceptos ! y esto no es una contradicción; se ha pretendido plasmar en un mapa conceptual el análisis de las distintas categorías del contenido. El resultado se muestra en la Fig. nº 10.

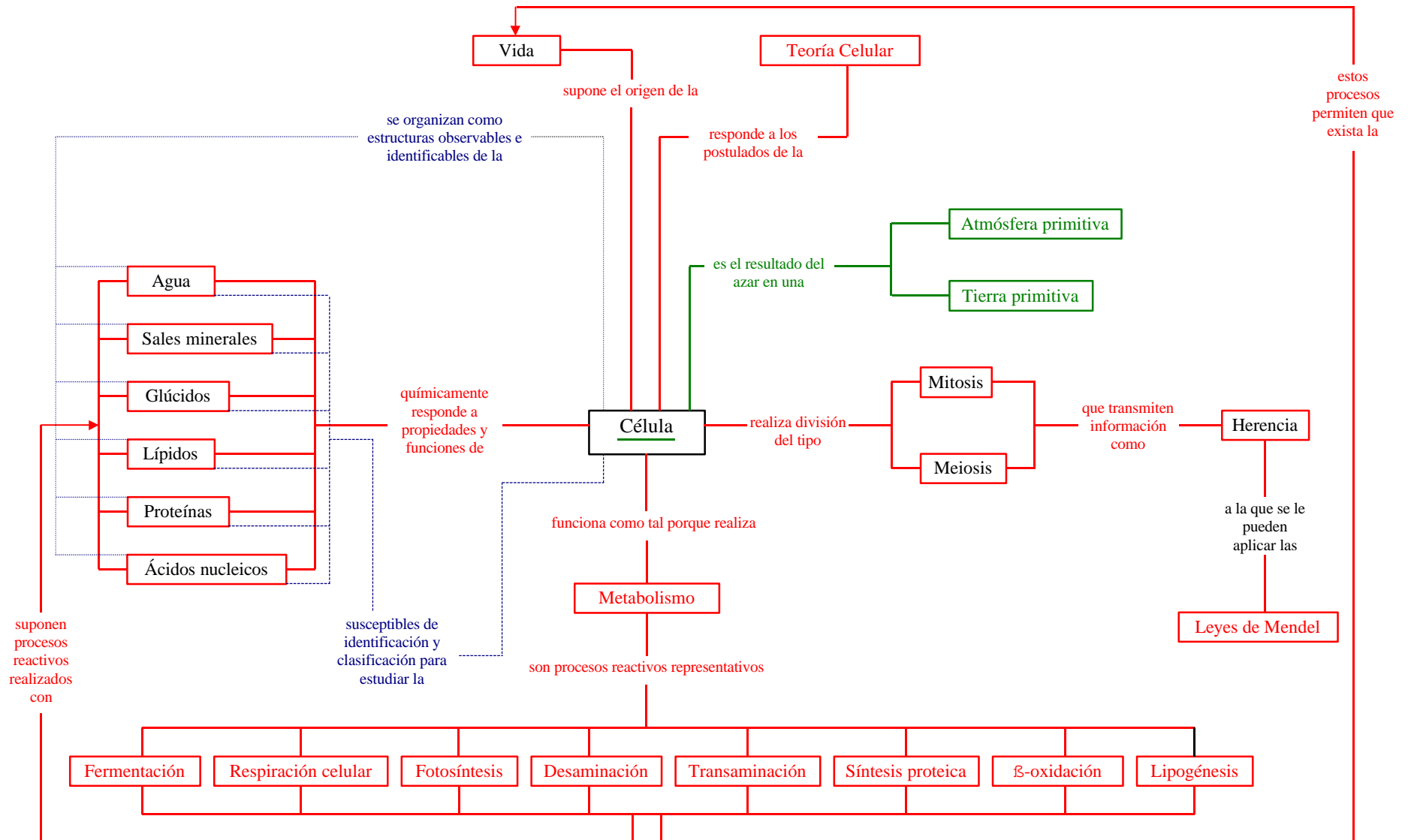


Fig. nº 10: "Mapa conceptual" relativo a las distintas categorías del contenido. (Verde: hechos; Negro: conceptos; Rojo: principios; Azul marino: procedimientos) (MLRP, 1997).

La organización como tarea que opera sobre el contenido se sitúa, ya se ha comentado, en el ámbito de responsabilidad y de toma de decisiones de los docentes. Esta tarea se resuelve a través de dos procesos distintos a los que ya se ha hecho referencia y que se han tenido que utilizar, lo ha quedado explicitado con el uso de los modelos ya expuestos; estos procesos son la secuenciación, que hace referencia al orden en la presentación de los contenidos, y la estructuración, que atiende a las relaciones que se establecen entre distintos contenidos. Ambos procesos subyacen a la forma de trabajar los contenidos con el alumnado. Pero habitualmente, y aunque es responsabilidad profesional docente, estos procesos no los realiza el profesorado; el modelo de diseño curricular de COU, de BUP y de EGB es un modelo cerrado en el que la Administración Educativa ha prescrito, como se ha visto para el caso específico que nos ocupa, las pautas que se han seguido en las aulas, dejando poco margen para las decisiones del profesorado. Consecuentemente con ello, la organización ha respondido a los programas oficiales de las asignaturas y, como hemos tenido ocasión de comprobar, es marcadamente diferente a lo que hemos mostrado como resultado de organizar el contenido atendiendo a los esquemas que hemos elegido para ello. Sería conveniente, pues, revisar esos programas oficiales de los cursos que constituyen la escolaridad no universitaria y observar el tratamiento que la estructura y el funcionamiento de la célula han recibido en los mismos, así como el nivel a partir del que este concepto se trata de manera explícita porque, como ya se ha apuntado en varias ocasiones, cabe la posibilidad de que los modelos mentales que los estudiantes han generado, sus representaciones relativas a ese mundo, sean herencia del tratamiento que con el mismo se ha dado en la escuela y este extremo debería investigarse. Como vemos al analizar el Currículum Oficial de la asignatura y recordar los de los años anteriores, así como el tratamiento seguido en los libros de texto, la organización habitual es marcadamente diferente a la que se ha realizado y trabajado con el alumnado sujeto de la investigación, organización que se ha analizado utilizando ambos modelos de organización.

Como se ha dicho, hay pautas comunes en la organización de esos materiales curriculares que responden a secuencias lineales que no favorecen la consecución de un aprendizaje globalizador, no parecen guiarse por tratamientos “top down”, respondiendo más a tradiciones “botton-up” contrarias a nuestro marco teórico de referencia; consecuentemente, desde nuestra posición teórica es obvia la necesidad de un cambio en el planteamiento de esa organización ya que la que muestran los libros de texto se mueve en el terreno del recuerdo como tarea, olvidando uso y descubrimiento, y relacionales y descriptivas como operaciones mentales, sacando poco partido de las operaciones productivas. Consistentemente con ello, como constructos (y como estructuras) aparecen fundamentalmente hechos y conceptos (clasificaciones), siendo poco frecuentes los procedimientos y los principios -obsérvese que éstos suponen dos conjuntos de conceptos y una operación que los relacione-. Esto mismo se observa si analizamos los requerimientos hechos al alumnado habitualmente en las actividades y cuestiones que plantean los libros de texto en las que, por ejemplo, es muy poco frecuente trabajar con imágenes porque suponen tareas y operaciones superiores; predominantemente se reclaman del alumnado respuestas que estarían en el ámbito de las proposiciones. Este tratamiento, esta forma de trabajar los contenidos en el aula tiene “a priori” consecuencias claras en la forma en la que el alumnado procesa dichos contenidos, la información recibida, tiene, lo que parece lógico, una influencia evidente en las representaciones que construye, en los modelos mentales que genera para hacerle frente a dicha información, a dicho discurso, y poder interpretarla, de

modo que, ¡otra vez!, “a priori” es previsible que se generen representaciones básicamente descriptivas con poca integración estructura/función y con imágenes pobres y estáticas en caso de que se produzcan; sobre este extremo, como se recordará, ya se argumentó el papel negativo que pueden ejercer determinadas imágenes. Es legítimo, pues, cuanto menos, intentar la construcción de modelos más acordes con la realidad que se quiere representar, con la entidad que se quiere interpretar, una entidad, la célula, de enorme complejidad que supone procesos dinámicos cuya comprensión es imprescindible en la conceptualización biológica, como mostrara la revisión bibliográfica hecha al efecto, de cara al establecimiento de las deducciones e inferencias que suponen entender, explicar y predecir el comportamiento de un ser vivo como tal. ¿Pero cuál es ese modelo de célula que hoy por hoy ha construido la ciencia? ¿Qué modelo conceptual de célula debemos acercar a las mentes de nuestros estudiantes y procurar que en ellos genere los modelos mentales correspondientes que les permitan predecir y explicar su comportamiento, que favorezca la formulación de inferencias y de deducciones, que genere las analogías necesarias para su comprensión, en definitiva? El análisis del contenido llevado a cabo ofrece respuestas con respecto a lo anterior y plantea alternativas para el tratamiento de este contenido en el aula. A modo de síntesis, la Fig. nº 11 presenta lo que puede considerarse su trata conceptual.

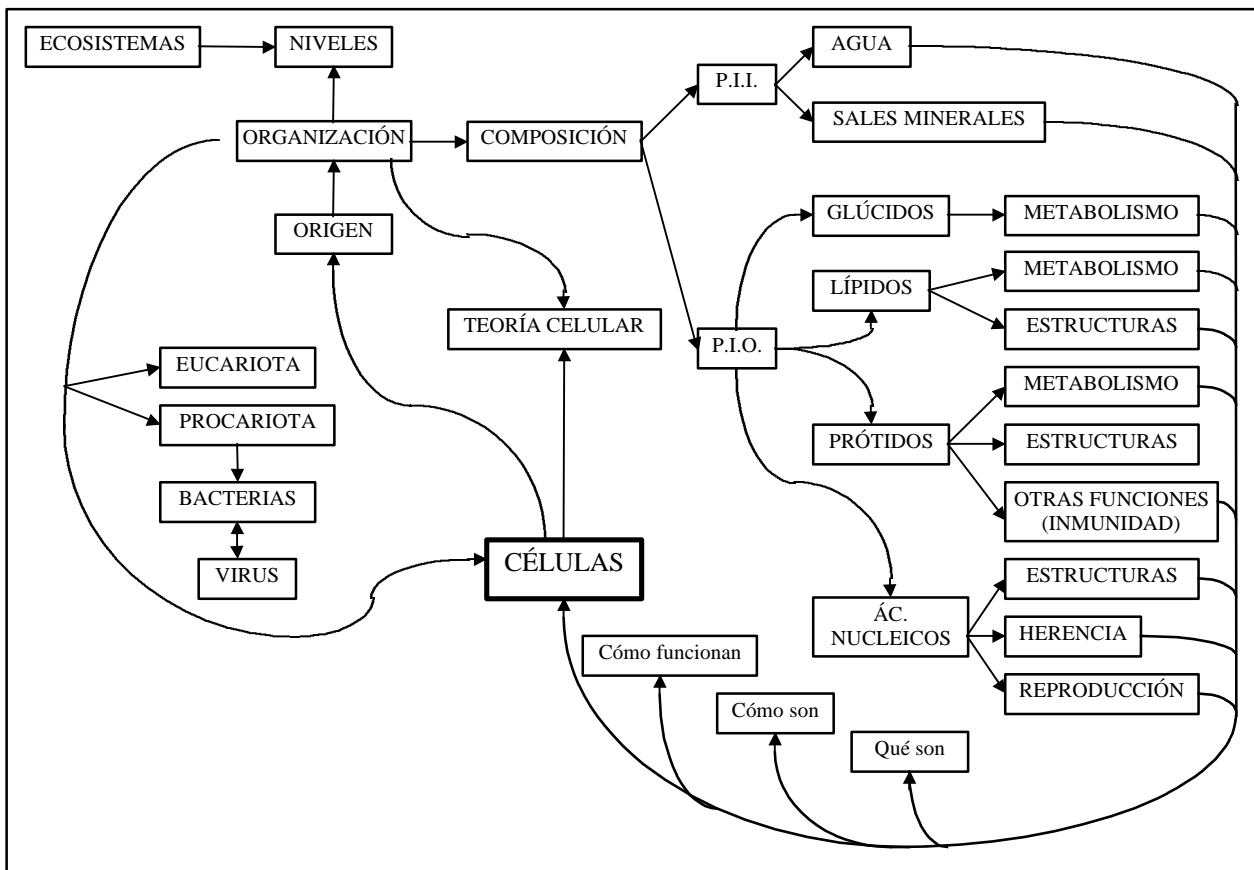


Fig. nº 11: Trama conceptual de la asignatura de Biología de COU.

Es evidente, en todo caso, que se requiere contrastación empírica para afirmar lo expuesto; está claro que en este momento los últimos párrafos no suponen más que un conjunto de juicios de valor, de suposiciones e hipótesis que deben ser investigadas, pero que se plantean al hilo del recuerdo de que célula es un contenido escolar, un concepto

académico que, por tanto, deriva y es producto y consecuencia de una historia que los datos obtenidos corroboran y con los que se demuestra, incluso, que puede actuar de verdadero obstáculo para el aprendizaje, pero una historia, una relación que la investigación posterior debe abordar. Nuestro objetivo aquí no fue otro que buscar una alternativa al tratamiento habitual y eso se ha conseguido porque se encontramos esquemas y herramientas que lo hicieron posible.

4.- ¿Cuál es el modelo de estructura y de funcionamiento celular que ostenta la “ciencia formal”?

Las últimas páginas responden a lo que ha sido el análisis y la organización específicos del contenido seleccionado para el estudio de la estructura y el funcionamiento celular en el contexto de la Biología de COU. ¿Y por qué es tan importante este contenido? ¿Por qué se ha seleccionado?. *“Desde hace tiempo resultó evidente que la clave de cualquier problema biológico finalmente ha de buscarse en la célula, ya que cualquier organismo viviente es, o ha sido alguna vez, una célula”*. (Wilson, 1925, citado en Diseños Curriculares, 1991. Bachillerato. Biología Celular, pág. 25).

Como muestra la bibliografía, los mayores y más graves problemas de conceptualización de la materia viva y, consecuentemente, de nosotros mismos como individuos vivos, se relacionan con dificultades en el aprendizaje y en la comprensión del concepto de célula. Éste es uno de esos conceptos que probablemente carezcan de una motivación intrínseca para el alumnado, dado su alto grado de abstracción, pero su selección en los contenidos curriculares a este nivel es obligada. El análisis y organización de estos contenidos es lo que ha ocupado el núcleo central de la exposición precedente; nuestra finalidad ha sido desentrañar los entresijos de este contenido para poder utilizarlo de manera coherente en la organización de la enseñanza.

“ ... no se trata de imponer al alumno una determinada estructura conceptual, sino de facilitar la adquisición significativa de una estructura conceptual, lo que es muy diferente pues implica la atribución, por parte del alumno, de significado psicológico (idiosincrático) a la citada estructura. La estructura conceptual de la materia de enseñanza, tal como la determina el profesor u otros especialistas en esa materia, tiene significado lógico. El significado psicológico es atribuido por el alumno. La enseñanza puede interpretarse como un cambio de significados sobre determinado conocimiento entre profesor y alumno, hasta que comparten significados comunes. Son esos significados compartidos los que permiten la incorporación de la estructura conceptual de la materia de enseñanza a la estructura del alumno sin el carácter de imposición.”. (Moreira, 1996, pág. 5).

Esto es lo que pretendemos y esto es lo que se explicitó desde un primer momento. Por esto es por lo que sentimos la necesidad de llevar a cabo un análisis del contenido porque habitualmente no se hace, porque no figura en los materiales curriculares y, probablemente, porque es tan idiosincrático como la asignación de significados en cualquier otro contexto. Como no es una tarea habitual y como ésta no forma parte de la formación inicial y/o permanente del profesorado, hemos tenido que recurrir a la

fundamentación teórica pertinente, hemos tenido que reflexionar sobre la misma y hemos pensado y decidido la forma de abordar ese análisis y esa organización en términos teóricos. Y, por último, hemos actuado; nos hemos puesto “manos a la obra” aplicando los modelos por los que habíamos optado al contexto concreto de la célula. Lo que hemos hecho no es más que un proceso de formación docente, un evento educativo que ha supuesto un intercambio de significados entre docentes y materiales educativos del currículum, un evento educativo que nos ha obligado a sentir, a pensar y a hacer y eso, ya lo hemos dicho, conduce al engrandecimiento humano, en este caso, desde el punto de vista profesional. Pero nuestra preocupación, nuestra finalidad, es el aprendizaje de los estudiantes, un aprendizaje de la célula que sea significativo. Y, como se ha expresado, las dificultades relativas a este contenido son muchas debido a su alto grado de abstracción. Lo que hemos hecho es explicitar dos modelos articulados en torno al epítome y a los mapas conceptuales que tienen mucho, por no decir todo, contenido en común. Incluso así, las reflexiones aún no terminan: ¿Está actualizado ese contenido que se ha seleccionado?. ¿qué modelo de célula tienen los expertos? ¿se pueden definir las líneas básicas de lo que, en este momento, se considera desde la investigación de alto nivel una célula y sus implicaciones en términos de su funcionamiento? ¿cuál es el conocimiento producido en este tema o, lo que es lo mismo, la estructura substancial o semántica de la Biología Celular -su núcleo duro-? ¿y cómo se ha generado, verificado y ampliado, es decir, cuál es su estructura sintáctica?

Hemos de abordar la respuesta a estas cuestiones porque tendría poco sentido que hubiera contradicciones y discrepancias entre la docencia que ejercemos y el conocimiento producido en los últimos tiempos. El análisis y la organización del contenido necesariamente tienen que estar actualizados porque de lo contrario pierde su funcionalidad y eso ¡otra vez! es responsabilidad docente. Esta tarea se ha abordado utilizando como instrumento una entrevista semiestructurada realizada a cinco especialistas en investigación relativa al tema que, al mismo tiempo, son docentes universitarios. La Tabla nº 4 muestra una síntesis de sus respuestas a las cinco preguntas que han articulado la conversación mantenida con estas personas.

Tabla nº 4: La célula y su funcionamiento en la perspectiva de cinco especialistas.

¿Cuál es para la ciencia el modelo actual de la célula? ¿Qué se entiende por célula hoy desde la ciencia?	¿Cómo podríamos expresar el funcionamiento de una célula?	¿Cuáles son los elementos-clave en la comprensión de la estructura celular?	¿Y cuáles son los elementos-clave en la comprensión de su funcionamiento?	¿Cuáles son las líneas de investigación más relevantes en la estructura y el funcionamiento celular?
<p>No hay un solo modelo de célula hoy. Es una unidad anatómica independiente; lo más pequeño con funcionamiento autónomo. Es una unidad estructural y funcional de cualquier organismo vivo; es una unidad funcional con capacidad para autoreplicarse, para regularse y para responder a estímulos tanto externos como internos. Secreción, excreción, reproducción, ..., son funciones de todas las células; cuando se quiere explicar una función concreta, se usa un modelo de una célula en la que esa función sea característica. En el "modelo" actual de célula los sistemas de membranas, los compuestos enzimáticos, el citoesqueleto, la matriz extracelular, los ácidos nucleicos son elementos fundamentales. La tendencia actual no es descriptiva, no es morfológica, sino que se ha optado por modelos dinámicos, modelos de correlación estructura/función, así como la integración de niveles de organización.</p>	<p>La célula funciona como tal porque se produce un flujo dinámico de información, información que se transmite de fuera hacia dentro y de dentro hacia fuera. Para procesar esa información dispone de mecanismos genéticos que le permiten desarrollarse y diferenciarse, de un genoma; pero para ello la célula no depende sólo de su genoma, sino también de la información que recibe, de la que viene del exterior, como se comentaba anteriormente. Una célula puede modificar su conducta dependiendo de esa información del exterior, puede incluso morir cuando tiene que hacerlo y esto no depende sólo del genoma. Por lo tanto, se dan procesos de diferenciación que se relacionan con la expresión de unos genes y no de otros; una diferenciación que es secuenciada en el tiempo y que, en función del medio, se produce de una forma o de otra. Esto hace que una célula responda de maneras diversas, se comporte de una forma o de otra; y esa respuesta, ese comportamiento, esa interacción se produce dependiendo no sólo de la naturaleza del mediador sino también de los mecanismos que active el receptor ↔ la célula modifica la respuesta del genoma en función del medio, del entorno, de los estímulos. Esto es información química que es lo que permite que haya comunicación en los dos sentidos.</p>	<p>¿Por qué es tan importante la estructura celular? La Citología (campo del conocimiento destinado al estudio de la célula) nació como ciencia; se ha hecho "a posteriori" gracias al desarrollo de la microscopía; es la tecnología lo que ha permitido que se produzcan ampliaciones en dicho conocimiento. Para el ámbito de la Biología Celular, la estructura de la célula como tal es intrascendente; y la Biología Celular es la tendencia actual. Es necesario, claro está, tener un conocimiento aceptable de la estructura para abordar estudios de naturaleza más biológica en niveles o investigaciones superiores, y por ello, la estructura debe estudiarse en la enseñanza no universitaria. ¿Pero en términos descriptivos? Una célula se desarrolla con el principio de mínima energía y máxima funcionalidad para ser capaz de responder a la mayor cantidad de estímulos posible. Es un sistema ordenado y, precisamente, es ese orden interno lo que hace su más alta contribución a aumentar el desorden. Y es único, en términos de unidad de vida, de todos los seres vivos y con ese único patrón que, al mismo tiempo es diverso. ¿Cómo se consigue esto? ¿Qué estructuras sustentan esta "paradoja"? la interconexión de ellas; todas y cada una de ellas son las que dan soporte físico al conjunto de funciones que hacen que una célula lo sea. La relación estructura/función es vital para comprender la célula y, hoy, membranas y citoesqueleto, a nivel subcelular, y los enzimas, en el bioquímico, son determinantes en esa comprensión.</p>	<p>Es la comunicación lo que explica el funcionamiento de una célula. Es el patrimonio genético lo que controla dicho funcionamiento, es el núcleo, pero la información contenida en él no se expresa por igual y de igual manera en las distintas células. No sólo es necesaria la información sino que también es importante la forma de hacerla llegar al exterior del propio núcleo, por una parte, o sea, síntesis de proteínas como vía de expresión de ese mensaje; y al exterior celular, por otra, es decir, mediadores, receptores, interacción y, por lo tanto, expresión de unas respuestas o de otras en función de la información recibida de ese medio externo. Es comunicación a nivel químico lo que hace que una célula sea hepática o neuronal. Pero ¿por qué se ha perpetuado ese funcionamiento, ese patrimonio? El problema de la "memoria celular" es importante para su comprensión.</p>	<p>La Biología Celular pretende abordar los aspectos dinámicos, desde la descripción de la estructura que soporta a la función hasta los valores genéticos. Se busca una mejor comprensión de la dinámica celular, tanto intra como extracelular ya que existe una sincronización entre éstas y su medio; así mismo, existe sincronización entre distintas células. Por ello no se investiga tanto en estructuras como en funcionamiento, en los últimos tiempos, la finalidad o el objeto de la investigación ha dejado de ser descriptivo para pasar a centrarse en el funcionamiento celular. Podrían definirse cinco grandes líneas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • origen y evolución de las células. • la vida celular: <ul style="list-style-type: none"> ■ estructura/función. ■ conductas en respuestas a estímulos. ■ diferenciación celular. • inmunología y respuesta inmune. <p>No sabemos cómo funciona la célula y es posible que en estos grandes temas se puedan encontrar el origen y las respuestas a muchos problemas biológicos. En términos de enseñanza, sería útil el símil de una célula como una fábrica porque expresa con claridad las relaciones entre distintas partes.</p>

Como puede observarse, los límites entre los distintos aspectos cuestionados no son nada nítidos; se comprueba con facilidad, con una simple lectura, que se han incluido aspectos más directamente relacionados con algunas de las preguntas en respuestas de otras, lo que puede entenderse si se tiene en cuenta que el contexto en el que se han hecho las entrevistas ha sido más cercano a un diálogo coloquial, a un intercambio de opiniones entre docentes de distintos niveles educativos, que a una encuesta formal. Pero, en todo caso, el conjunto de las respuestas sí nos permite delimitar y captar una idea clara de lo que en este momento se está entendiendo por célula en los contextos formales de investigación y de docencia universitaria. Ese modelo de célula que nos han definido los docentes/investigadores que abiertamente han colaborado con nosotros es coherente y es consistente con el contenido que se ha seleccionado para la Biología Celular de COU; dicha selección refleja lo que los expertos han determinado como contenido fundamental. Pero, aunque alguno de ellos lo plantee, no lo es con cualquier organización y enfoque metodológico de la misma. De hecho, no parece ser su tratamiento descriptivo lo más conveniente para alcanzar una comprensión adecuada del concepto de célula y no encontramos razones que justifiquen que si la ciencia de vanguardia cuestiona esto, los docentes no universitarios no reaccionemos o, cuanto menos, reflexionemos sobre el tema.

Pero ¿por qué no se habla ya de Citología? ¿por qué se trata a esta “ciencia” como a un proscrito? ¿no forma la célula parte de su estructura sustantiva?. A juzgar por lo que nos han dicho los especialistas, está claro que se ha producido una evolución importante en el ámbito de la Biología, fundamentalmente en su vertiente microscópica; la lógica de la disciplina que ha guiado los procesos de indagación y de investigación durante mucho tiempo respondía a planteamientos ligados a los niveles de organización de la materia viva y, en ese sentido, fueron investigaciones básicamente descriptivas. Los mecanismos de validación del conocimiento que se producía han guardado relación con este presupuesto teórico de base y en lo que se refiere a la célula necesariamente han ido aparejados al desarrollo tecnológico que los sustentaba o justificaba. Se verifica y se amplía el conocimiento en este tema en la medida en que son cada vez más los investigadores que comparten estos planteamientos y que aportan datos y modelos relativos a distintas estructuras celulares y subcelulares. Pero no se está dando respuesta, en este momento, a la célula como entidad viva, no se está generando conocimiento en este sentido. Abordar las reacciones químicas más sencillas de estudiar, las más asequibles, supone, en ese entonces, un gran salto en la medida en que se ve una posibilidad de ampliar el conocimiento; surge esta necesidad y, por lo tanto, el consenso que valida estas primeras investigaciones bioquímicas. Se pasa, entonces, en términos del núcleo duro, de la estructura semántica, de un enfoque descriptivo a un enfoque centrado en las moléculas y este cambio emerge con fuerza ya que se considera a los enzimas como la esencia misma de las células, los elementos claves que determinan el funcionamiento de las moléculas y, consecuentemente, de las propias células; en este sentido se amplían los horizontes ya que es necesario incorporar contenido físico y químico para poder explicar lo que es una célula. El éxtasis en esta perspectiva llega cuando se esclarece el papel del DNA y se considera que *“comprender los ácidos nucleicos equivalía a comprender la esencia del estado vivo, superando así un gran reto de la biología”* (Alberts y col. 1986, pág. XXXVII). Obsérvese que en este contexto no se habla de Citología sino de Biología.

A pesar de la euforia de los primeros momentos, el desencanto no se hizo esperar; la frenética actividad investigadora aportó un gran cuerpo teórico relativo al papel del DNA en el comportamiento celular, conocimiento validado por contrastación empírica, pero la célula sigue siendo mucho más. *“La mera observación nos indica que la célula más sencilla es más ingeniosa y complicada que cualquier máquina computerizada diseñada hasta hoy”*. (Alberts y col., 1986, pág. XXXVII). Ocurre lo mismo con la célula que con la mente en relación con los modelos o teorías que pretenden explicarla, como Johnson-Laird comentaba; ¿será una casualidad?

En este sentido y en este contexto, observando cómo se ha ido produciendo el conocimiento relativo a la célula, a su estructura y a su funcionamiento, cómo ha ido evolucionando, se entienden claramente las aportaciones que nos han hecho nuestros investigadores expertos. Se han ido planteando soluciones que han sido parciales e insuficientes para explicar esa entidad viva tan única y peculiar y se han ido modificando, también, las formas de abordar su estudio de manera extraordinariamente dependiente del desarrollo tecnológico; pero no es éste el que ha determinado los cambios de perspectiva, no han sido las técnicas las que han verificado y ampliado el conocimiento disponible sobre la célula. Ha sido una evolución tendente a considerarla como entidad única e irreplicable sujeta a interacción, a intercambios de información en todos los sentidos, a comunicación, lo que ha hecho que ese conocimiento efectivamente se valide o, lo que es lo mismo, que se delimite su estructura sintáctica. Y lo que a estas alturas es evidente es que nadie duda de la existencia de un cuerpo concreto y determinado de conocimiento que se identifica con lo que la célula es y representa en el mundo de lo vivo, es decir, de una estructura semántica que hemos tenido ocasión de analizar y organizar, estructuras, ambas, que definen este campo del conocimiento, desde la óptica de Schwab, como una disciplina científica; pero ¿cuál? ¿Citología o Biología Celular? ¿y qué es lo que estamos impartiendo en la asignatura de COU: la primera o la segunda?. Si no hemos incorporado en la selección, en el análisis y en la organización del contenido relativo a la misma los elementos y reflexiones que nos han aportado los expertos, lo que ha permitido que, en definitiva, se construya este cuerpo teórico de conocimiento, no estaremos introduciendo los aspectos dinámicos de que se nos han mostrado, en un concepto que se caracteriza, precisamente, por eso, por su “vida”; y si es así, no estaremos enseñando ni nuestros estudiantes estarán aprendiendo Biología Celular.

5.- ¿Cuáles son las aportaciones más relevantes para la enseñanza y el aprendizaje de la célula derivadas del análisis su contenido?

“La mente humana opera sólo con modelos mentales, pero los modelos conceptuales pueden ayudar en la construcción de modelos mentales que explican y predicen consistentemente con el conocimiento aceptado en un área dada”. (Moreira, 1997, pág. 8). Esos modelos conceptuales son los que los docentes trabajamos con el alumnado, los que negociamos con los estudiantes para que les puedan asignar significado, para que puedan transferir ese significado lógico característico de las disciplinas científicas al significado psicológico que ellos manejan y con el que operan. Y lo hacen en la medida en que son capaces de re-presentar lo que las disciplinas les ofrecen, lo que esos modelos conceptuales suponen, construyendo, precisamente, representaciones articuladas en torno a

modelos. “*Por eso, los modelos conceptuales enseñados deben (...) ser susceptibles de ser aprendidos, funcionales y utilizables*” (Moreira, 1997, pág. 8). Por eso, y precisamente por eso, se ha abordado la realización del presente anexo; en él, una primera parte ha explicitado esta necesidad, tanto en términos docentes individualmente considerados, como en términos de aprendizaje del alumnado, mostrando la concepción de enseñanza y de aprendizaje que se defiende. Una segunda parte se ha dedicado a la delimitación del marco epistemológico consistente con esa idea de educación y de enseñanza así como a la búsqueda de modelos de análisis y organización consecuentes con la misma. Un tercer apartado nos ha permitido contrastar los modelos encontrados y ponerlos en práctica, lo que ha dado como resultado un estudio del análisis y organización del contenido relativo a la estructura y al funcionamiento celular. Por último, se ha contrastado dicho estudio con lo que la “ciencia formal” establece como conocimiento válido para dicho contenido.

Por lo tanto, simplemente se ha realizado un trabajo práctico de resolución de problemas relativos al contenido de Biología Celular como elemento del currículum para el que ha parecido pertinente y necesaria su fundamentación teórica. Su finalidad no ha sido otra que la de propiciar un mejor conocimiento, desde el punto de vista docente, de la propia disciplina que, por una parte, facilite el trabajo diario del aula con los estudiantes, de cara a su aprendizaje; y, por otra, y partiendo de esta práctica, el estudio de los modos que utiliza el alumnado para procesar el contenido que se le ofrece para su enseñanza, en definitiva, sus representaciones y la evolución que siguen a lo largo de la misma. La pertinencia y la necesidad de esa fundamentación teórica han supuesto la interconexión teoría/práctica o, lo que es lo mismo, el acercamiento de lo que la investigación educativa ha ido aportando en relación con el tema (¡tanto en su estructura substancial como sintáctica! pues nadie duda hoy de su status de disciplina) a lo que es el día a día del docente, pero no ha pretendido en ningún momento exhaustividad; por ello, sólo se ha abordado aquello que ha resultado imprescindible para alcanzar el objetivo que nos habíamos propuesto, que no es otro que el análisis y la organización del contenido relativo a la estructura y al funcionamiento celular. Como se ha puesto de manifiesto, éste no es el único problema que afecta a su enseñanza; abordarlo es ineludible pero surgen otros muchos interrogantes que también requieren atención y que guardan relación con el mismo. Algunos de esos problemas son:

- ¿Tiene un conocimiento del contenido repercusiones en los modos de construcción de las representaciones del alumnado en este tema?
- ¿Responden las representaciones de los estudiantes al modelo de célula que desde el análisis del contenido y desde la “ciencia formal” se han postulado?
- ¿Delimitan nuestros estudiantes las distintas categorías de contenido y las integran en una representación coherente, científica y contextualmente aceptada, de la célula y de su funcionamiento?
- ¿Siguen el trabajo docente habitual estas premisas o, cuanto menos, lleva a cabo reflexiones de esta naturaleza?

Existe un paso siguiente, pues, unas expectativas puestas en las consecuencias que podrían derivarse del análisis y de la organización del contenido una vez trabajado con el alumnado. ¿Pero, entonces, qué es lo que ha aportado el trabajo realizado con el contenido?

La respuesta a esta cuestión se refleja en la V epistemológica que se muestra en la Fig. nº 12.

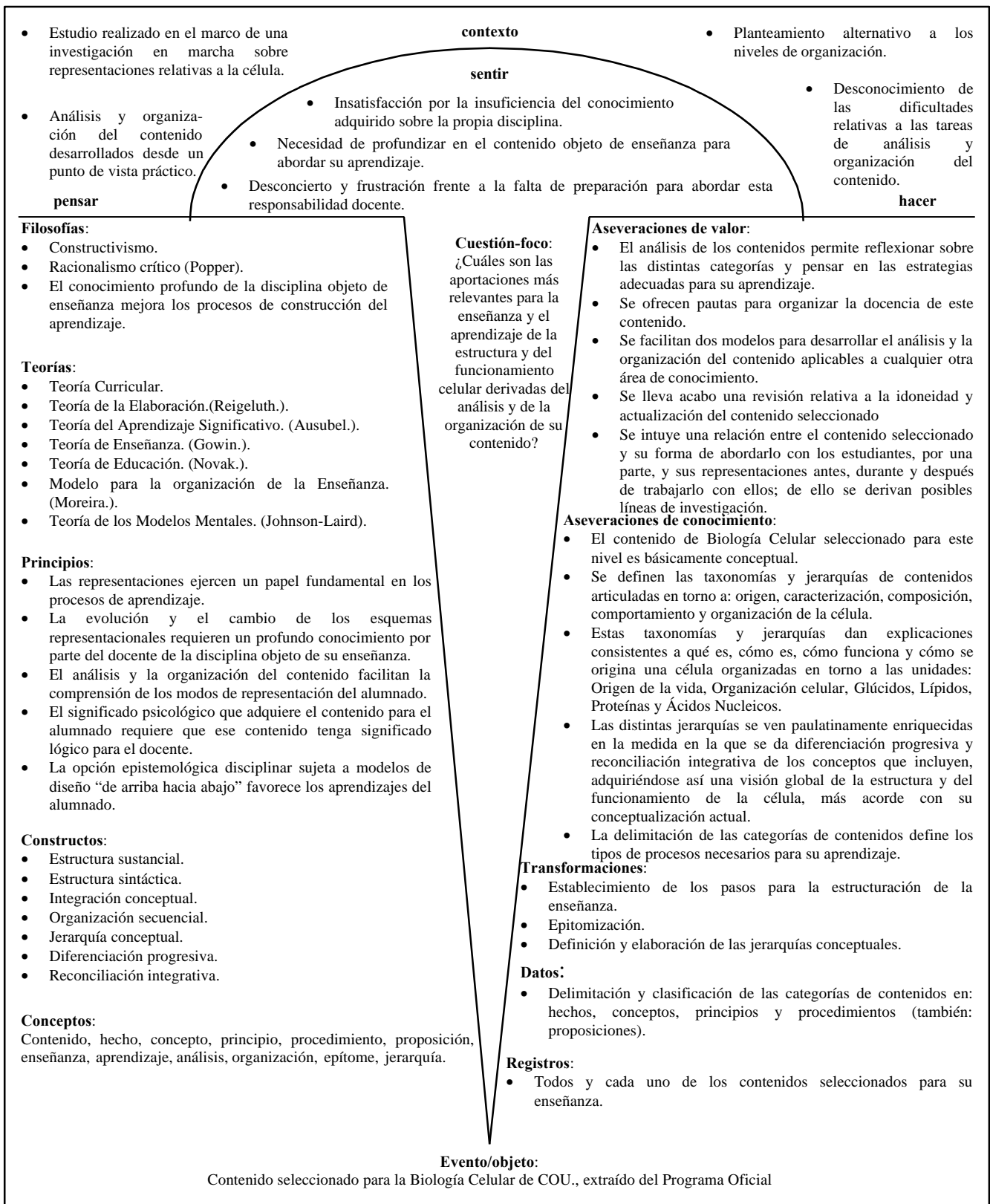


Fig. nº 12: V epistemológica elaborada para el análisis y la organización del contenido desarrollada en el presente trabajo. (MLRP, 1997).

Como se desprende de la V epistemológica anterior, instrumento que, como se recordará, constituye una herramienta de metaaprendizaje en la medida en que facilita una visión heurística del conocimiento producido, en este caso del análisis y de la organización del contenido relativo a la célula, este estudio ha resultado altamente positivo en términos de profesionalización docente; ha permitido desarrollar un conocimiento mayor del papel que tiene el contenido en los procesos de aprendizaje, por una parte; y, por otra, actualizar y reflexionar sobre lo que debe ser para este nivel de enseñanza la estructura y el funcionamiento celular, combinando para ello el sentir, el pensar y el hacer que subyacen a todo proceso de construcción de conocimiento.

ANEXO N° 2:
CONTEXTO PEDAGÓGICO

CONTEXTO PEDAGÓGICO

Como se recordará, en la descripción de la experiencia se planteó el modelo metodológico general, teórico, que guió la experiencia seguida con los estudiantes que constituyeron los protagonistas de la investigación que se comunica en estas páginas; ya en ese espacio se adelantó que efectivamente se trataba de un conjunto de declaraciones de intenciones y principios que pretendían ser el referente o guía de lo que se quería hacer en el aula en lo que aspectos pedagógicos se refiere, pero que la realidad es otra y que por ello, como fuente de información, merece ser tenida en cuenta. Para ello se recurre a la presentación de lo que es el diario de sesiones de clase, es decir, a lo que la profesora (que, como se ha expuesto, es también la investigadora) consideró relevante en todas y cada una de ellas, por una parte, y, por otra, a los valores medios de una encuesta de evaluación (Cedida por el Dr. Carrascosa Alis y comentada en Carrascosa Alis, J. y Nicolás Bueno, L. (1995). Evaluación de la Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias. Alminar nº 34.) de la labor docente cumplimentada al finalizar el curso por treinta y tres de los sujetos de la investigación que refleja lo que estos jóvenes han vivido y la forma en la que han percibido el mismo hecho educativo. Se insiste en que simplemente se presenta este apéndice a título informativo, con objeto de considerar de mejor manera el contexto educativo en el que se ha desarrollado el proyecto, no considerando, por tanto, nada más que este carácter ya que su posible relación con los modelos mentales detectados, es decir, con los resultados de la investigación no ha supuesto objeto de la misma, lo que, en todo caso, quedará para indagaciones posteriores.

Diario de la profesora.

2-10-96:

COU B:

- Comento cómo trabajamos. ← Programación.
- Paso lista.

3-10-96:

COU B:

- Cambio al laboratorio 2 (¡pensé que era CNA y que tenía que proyectar y me equivoqué! Si Jesús M^a se entera me mata).
- Entrego Origen de la Vida.
- Empiezan a leer el primer texto. Severo Ochoa.
- Paso lista.
- ¡Tengo problemas con los grupos! Tengo tres grupos de cinco personas; he pasado por los tres cuando han empezado a trabajar la actividad. He visto que están perdidos; he dado algunas sugerencias para que arrancaran, pero yo también me siento perdida: ¿Cómo tengo que interactuar yo? ¿Cómo saco la información que necesito? Mientras escribo esto, oigo que alguien nombra la célula; ¡¿Qué hago?! Cuando me acerco se callan. ¡Dios! ¿Qué hago para obtener los datos?
- Grupo de Alfonso ← donde hacía poco había oído nombrar la célula:
 - La célula es el motor (Alejandro).
 - La célula es capaz de nutrirse ... (Alfonso).
 - La célula hace funciones vitales (Esteban).
 - La célula es capaz de heredar (Cristina).
- Grupo de Damián (Ángeles, Carla, Pascual y Andrea):
 - No saben responder a “vida” pero sí a “ser vivo”.
 - Están bloqueados; optan por pasar al segundo apartado.
- Grupo de Yurma (Pastor, Genoveva, ..., ...):
 - Pasa lo mismo que en el de Damián.
 - Les doy el mismo recurso.

- ¡¡Pero esto es muy lento!! En los últimos cursos yo lo he hecho mucho más dirigido - ¡Ya! ¡¡¡directiva!!!; no he dado tanto tiempo. Creo, hoy, que lo que me ha pasado es que no me he preocupado de los grupos y de los alumnos, de si entendían o no. ¡Horror! Esto es muy fuerte. Vuelvo a entrar en contradicción -si lo hago como debería hacerse, no acabo el programa -¡y es COU!
- Decido, sobre la marcha, que en un par de minutos hagamos la discusión aunque no se haya terminado, porque creo que no es necesario agotar el tema en esta actividad. Además, he pensado que se deben ir con la sensación de haber llegado a algo durante esta clase.
- Puesta en común pobre. En todo caso, surge que la vida es un proceso influido por condiciones físicas y químicas que se realizan en la célula ← Carla ⇒ pregunto qué entendemos por célula y me dicen Cristina y Esteban que es lo más pequeño que realiza funciones vitales.
- ¡Faltó tiempo!

COU A:

- Explico la programación y el tipo de trabajo.
- Comentamos nuevas titulaciones.
- Entrego “Origen de la Vida” y pido que hagan A.1 en sus casas.
- ¡Tengo 25 niños!

4-10-96:

COU A:

- Paso lista. No hago las fichas porque dos alumnas han pedido cambio de grupo.
- Paso por todos los grupos. Están teniendo dificultades vida/ser vivo. Pero estos grupos no me están dando juego (como ayer) para anotar datos. Sólo en un grupo surgió “célula” ← vida es el conjunto de reacciones entre células (Virginia; discutiendo con ella y en su grupo: la vida la poseen las células -en su seno es en donde se producen las reacciones químicas y esas reacciones tienden a dar estructuras similares (celulares) ← (Grupo: Clara, Amanda, Virginia, ...).
- Vuelvo por todos los grupos; siguen teniendo problemas; no surge “célula”; ¡se está generando ansiedad y, en algún caso, frustración!
- Hago la puesta en común -¡pobre! Quizás la he hecho con prisas.
- Ha surgido poco sobre célula.
- Me he angustiado menos en este grupo que en el de ayer. ¿Será que lo de hoy no ha servido para nada?

COU B:

- Comento a qué habíamos llegado ayer: vida \Leftrightarrow seres vivos \Rightarrow funciones (nutrición, relación, reproducción). El texto que trabajamos ahora en grupos incorpora nueva información, más claves.
- Paso lista.
- Paso por los grupos. Han surgido problemas con el concepto de entropía; aclaro, grupo por grupo, lo que es. Pregunto qué aporta este texto a la discusión que teníamos ayer.
- Cuando me acerco a los grupos, generalmente se callan; tengo que preguntar algo, por ejemplo: ¿qué aporta el texto? ¿cómo va la discusión? ¿han surgido problemas?
- Discutimos (puesta en común) A.2 \Leftarrow definición de ser vivo: funciones (N, R, R) y entropía.
- Hoy no ha surgido casi nada de célula.
- Pido que empiecen A.3. Quiero que el primer * lo hagan aquí. Para el lunes, deben acabarla entera.
- Comentamos brevemente el primer punto de A.3. El grupo de Pascual, Constanza, Ángeles, Damián (- no estaba -) y Andrea plantea que existe generación espontánea - mohos en el queso. Los demás grupos dicen que no y parecen convencerlos.

7-10-96.

COU B:

- Dejo unos minutos para discutir en grupo A.3.
- Paso lista.
- Leandro está conmigo.
- Pasamos por los grupos; al estar tratando origen de la vida, no surge mucho sobre célula.

- Ha bajado un poco mi ansiedad por anotar y buscar todo lo que me puedan decir los niños.
- Vuelvo a pasar por todos los grupos; sólo me quedo al lado de ellos. Creo que así se van acostumbrando a seguir hablando aunque yo esté al lado. En lo que escribo esto, Leandro me dice que se callan en presencia del profesor; tenemos que acostumbrarlos a nuestra presencia en el grupo.
- No terminamos la discusión de A.3; quedan tres apartados. Piensan poco, no razonan.
- Leandro ha planteado que utilizan comprobar y demostrar indistintamente; ¿significan lo mismo?
- Flojo en lo relativo a las posibles reacciones originales. Insistimos en que piensen, relacionen, razonen,
- Pido que revisen lo último de A.3 y hagan A.4 (con libros de texto).
- Mañana quiero empezar directamente la discusión.

8-10-96.

COU A:

- ¡Hablan muy alto! A mi esto me sigue molestando; no sé si es directivismo, si es una contradicción pero me molesta.
- Paso lista.
- Voy por los grupos. Tendrían que acostumbrarse a mi presencia. Ahora mismo, antes de mi visita, en todos los grupos se está discutiendo.
- En el grupo de Marta, Julia, Remedios y Sagrario: ideas interesantes –¡intervienen las cuatro!: moléculas que se agrupan para dar una célula; la célula tiene que tener, también, capacidad de agrupamiento; tiene que haber capacidad de réplica de estas moléculas; tienen que tener afinidad química; por lo tanto, tienen que estar en un medio favorable.
- El grupo de Gustavo, Álvaro, Joel y Jezabel: no han trabajado nada. Me enfado con ellos y ¡hago teatro!. El grupo de Víctor, Gloria se ríe y tampoco ha trabajado.
- ¡He estado una hora entera –sesenta minutos! ¡Un abuso!
- Sólo queda el último apartado y revisar problemas: hidrólisis, oxidación-reducción, etc.
- Pido A.4 para mañana.
- ¡Poca participación! 7ª hora.

9-10-96.

COU B:

- Dejo unos minutos para discutir lo último de A.3 y A.4.
- Paso lista.
- Paso por los grupos. ¡Algunos se callan! Da la sensación de que están trabajando; yo diría que han hecho lo que había pedido.
- Me mantengo al margen durante un tiempo; veo que están discutiendo cosas en todos los grupos y los dejo. Si yo no estoy, están más cómodos. ¿Cómo hago o qué hago para que se acostumbren?
- Discutimos los apartados que quedaban de A.3.
- Hacemos A.4.
- Cuesta que intervengan incluso en la puesta en común; pero aun así, pidiendo yo que digan su opinión o lo que han escrito, van hablando en el grupo.
- Lo que veo es que hay bastantes caras (¡sólo tengo quince niños!) de desconcierto, de duda; no sé si estaré dando la información necesaria para que reestructuren. ¡Tampoco van a reestructurar sólo con un intento!.
- ¡Otra vez! Como todos los años: problemas con la química: oxidación, reducción, etc.

10-10-96.

COU B:

- Dejo cinco minutos para que discutan en grupos A.5. Quiero hacer la puesta en común ahora, dar las cuestiones de Gowin, después, y que analicen el texto de Muy Interesante con las mismas.
- Paso lista: ¡están todos!
- ¡Ronda!. ¡Vamos a ver qué pasa hoy y qué oigo!
- En el grupo de Alfonso se callan; los otros no tanto.
- Puesta en común de A.5 → han tenido dificultades fundamentalmente por no razonar y no relacionar distintas cosas que saben. Cuando se van aclarando y se van estableciendo

relaciones, van entendiendo. ¡Pero! ¡soy directiva! → he tenido que ser yo casi en exclusividad quien establezca las conexiones.

- Explico las cuestiones de Gowin. Pido que las hagan con el texto de Muy Interesante.
- ¡Paseo! Esta vez me he puesto un poquito más separada de cada grupo y he visto que seguían con lo que estaban haciendo; no paraban o dejaban de hablar.
- Han empezado a buscar las respuesta a las cuestiones de Gowin; están interesados, muestran ganas. ¡Vamos a ver qué pasa mañana cuando se comente en toda la clase!.
- Yaiza hizo una conclusión (de su grupo) sobre el origen del (en el) caos de los seres vivos que me pareció interesante. ¡Ver su libreta!

COU A:

- Dejo unos minutos para que discutan lo último de A.3 y A.4.
- Quiero pasar por los grupos. ¡Hablan muy alto!
- Paso por los grupos: hay gente bastante infantil a la que le cuesta mantener la atención y el hábito de trabajo más allá de diez minutos (Gustavo, Álvaro, Joel, ...) y otros que no hacen nada, no participan nada, no ponen ningún interés.
- Paso lista.
- Hacemos puesta en común; fue interesante. Hay bastante gente que no interviene y, en general, son muy infantiles, pero la discusión ha sido interesante. ¡No ha salido nada de célula!

11-10-96.

COU A:

- Leandro va pasando los horarios.
- Dejo unos minutos para discutir A.5. ¡Requiere más tiempo del que yo pensaba!
- Paso lista.
- Voy por los grupos. ¡Hay problemas de comprensión! ¡No entienden la pregunta! El problema es que se limitan pasivamente, en el mejor de los casos, a contestar -mecánico- y no piensan ni relacionan unas cosas con otras. Si la respuesta no es evidente, no la encuentran.
- Paso por los grupos: he detectado problemas con el segundo apartado de A.5. No han sido capaces, en líneas generales, de darse cuenta de que son las reacciones que más entropía generan en todo el sistema.
- Grupo de Gustavo: he vuelto a comentar que el trabajo hay que hacerlo poco a poco. La niña (Jezabel) no vino ayer y, por supuesto, no ha hecho nada. Gustavo y Joel tampoco han traído nada hecho. Álvaro se molesta porque no tiene con quién discutir lo que hizo y se cambia de grupo. ¡¡Tengo que hablar con ellos!! Álvaro está saliendo perjudicado.
- Grupo de Loreto, Laura, Begoña, M^a Jesús y Yanira: ¿Cómo que no hay finalidad? Les ha creado un problema y yo les comento que trabajamos en un nivel biológico.
- Puesta en común de A.5. Salen cosas relativas a la entropía y a su relación con los seres vivos y con su origen. Pero Leandro y yo nos hemos quedado muy sorprendidos por lo que ha ocurrido: se ha derivado la discusión (entre pocos pero unos cuantos) hacia el terreno filosófico, moralista, Somos, según los niños, la especie más evolucionada, tenemos finalidad, tenemos la mayor inteligencia. ¡Nunca había tenido en seis años un grupo tan antropocéntrico!. Les cuesta muchísimo delimitar el nivel de discusión y aprovechamiento para hacerles ver que la historia de la ciencia está llena de mediatizaciones debidas a las creencias.
- Leandro pone en la pizarra las cuestiones de Gowin y las explico muy rápidamente. Pido que las hagan para el texto de Muy Interesante.

COU B:

- Dejo unos minutos para que rematen las cuestiones de Gowin sobre el texto.
- Compruebo las listas. ¡No me da tiempo!
- ¡¡Sorpresa!! Pascual me pregunta si las hipótesis irían en el método utilizado para dar respuesta a la cuestión-foco. Su grupo está discutiendo esto y se han empantanado. Intervienen Carla, Damián y Ángeles. Lo discutimos en toda la clase. Para ellos (este grupo) deberían estar en el método las hipótesis porque de ellas depende qué datos se cogen, es lo que hago para dar respuesta. Pero Alejandro (ya lo había dicho Damián) comenta que no hay hipótesis claras porque no dan respuestas; sólo dicen: “puede ser”. Entonces las hipótesis no sirven para nada y, si no sirven para nada porque no dan respuesta a la cuestión-foco, tampoco hay proceso metodológico. Para Alejandro, las hipótesis deberían estar en afirmaciones o aseveraciones de conocimiento pero como

intentos. Yo voy más allá y comento que para algunas personas, deberían estar en el ámbito conceptual porque dependen de nuestro conocimiento, de nuestro marco teórico de referencia.

- Dejo unos minutos más.
- Puesta en común.
- Vemos las cuestiones-foco. Discutimos los conceptos-clave y vemos que muchos no lo son tanto. Se hace necesario, por lo tanto, un proceso de reflexión sobre los conceptos.
- Al discutir el método vuelve a surgir el mismo problema. ¿Dónde colocamos las hipótesis? Para Pascual y para Damián, deben estar en el método porque hay que empezar por formular las hipótesis y después coger los datos para contrastarlas. Alejandro piensa que no: la hipótesis la hacemos según nuestro conocimiento y, después, la comprobamos, pero tenemos que saber algo. Al final, lo que parece claro es que sólo hipótesis o sólo comprobación no es suficiente. Alfonso piensa que las hipótesis podrían estar tanto en el método como en las afirmaciones y, es más, en los conceptos no, pero en algo conceptual sí, porque es cierto que hacemos hipótesis en función de lo que sabemos. Al analizar afirmaciones de conocimiento, vemos que no hay respuesta para todas las cuestiones; Sara plantea que las hipótesis está aquí, como dice Alejandro, porque no son verdades absolutas, pero son aproximaciones, intentos, algo así como lo que pueden ser afirmaciones anticipadas, lo que se espera.
- ¡Como me hubiese gustado que Marco hubiera estado presente! ¡Porque yo no provoqué esta vez la discusión!

14-10-96.

COU A:

- Dejo diez minutos para que discutan las cuestiones de Gowin sobre el texto del origen de la vida.
- Paso lista.
- ¡Hoy no me paso por los grupos! ¡No tengo ganas!
- Dejo cinco minutos más y aprovecho para preparar las fichas de mis niños.
- Puesta en común. Salen más cosas relativas a si son o no claves los conceptos que van proponiendo.
- Surge discusión con célula; Remedios, Julia y Marta consideran que es un concepto clave porque el texto trata de la evolución química de moléculas orgánicas hasta células como estructuras autónomas, vivas; Clara contesta que no es clave porque todo lo vivo no está formado por células –existen los virus. Nieves, Tais y Virtudes (habla Nieves) dicen que todo lo vivo es o tiene células. La discusión era necesaria y dejé que se desarrollara.
- En método surgen problemas y diferentes opiniones → como en el otro curso y, de hecho, no me preguntan nada de las hipótesis, sino que, en un momento dado, surgen en método como fase para contrastarlas. Tienen dificultades para pensar en lo necesario para responder a un problema. Amanda dice que las hipótesis deben estar en aseveraciones de conocimiento. La discusión no va más allá porque no surge y porque no hay tiempo.
- Entrego el texto de A.7 y ¡no me di cuenta!: me he saltado dos apartados importantes. ¡Ya veré cómo lo soluciono mañana!
- Hablo con el grupo de Álvaro → Tienen que trabajar todos.

COU B:

- Dejo diez minutos para A.7 en grupos.
- Reviso con Leandro el cuestionario 1.
- Paso lista.
- Puesta en común de A.7
 - Carla se cuestiona si una célula tiene estructura ← surge, a partir de aquí, una discusión sobre estructuras.
 - Pastor: sí tiene estructura y la tiene porque es materia: tiene masa y volumen.
 - Alfonso: la célula lo que tiene es organización.
- ¡Ojo! ¡El texto de Carl Sagan plantea lo de la tesis! ¡! ¡Horror! Hace años que no lo leo y no recordaba esto. ¡Y yo voy a preguntar lo mismo dentro de unos días! ¿Variará el resultado? Leandro, que está en clase y con quien acababa de revisar el cuestionario, me mira alucinado. ¡Surgieron las preguntas del cuestionario! ¿Cómo he caído en este error? ¡Están iguales!

- En cómo te imaginas la célula:
 - Pastor: pequeñita.
 - Damián: redonda, esférica.
 - Alejandro: esférica (+ o -) porque es como se representa en los libros.
 - Sagrario: no porque hay muchas células distintas; la primera, la primera es posible que sí me la imagine esférica, pero después no.
 - Alfonso: con una membrana nuclear.
 - Sara: y con membrana externa.
 - Yaiza: tiene núcleo.
 - Pascual: pero hay células sin núcleo, lo que pasa es que me imagino una con núcleo.
- En cómo funciona:
 - Cristina: estructurada.
 - Pastor: organizada y ordenada.
 - Sagrario: ordenada no pero organizada sí.
 - Damián: transforma nutrientes; unas partes se relacionan con otras.
 - Alfonso: requiere energía.

15-10-96.

COU A:

- Dejo diez/quince minutos para que hagan A.7. Como no lo expliqué bien ayer, no han hecho todo lo que había que hacer. ¡No tengo derecho a protestar!.
- ¡¡Están hablando altísimo!!
- Joel me ha enseñado lo que ha hecho; me ha planteado que tuvo problemas con una de las cuestiones; me ha llamado la atención porque es uno de los niños del grupo con el que hablé ayer porque no están trabajando.
- Paso lista.
- Paso rápidamente por los grupos para ver si están trabajando. ¡Begoña y M^a Jesús están en las nubes y de conversación!
- Discutimos A.7. ¡No termino! Sólo falta un apartado que dejo para mañana.
- En cómo imaginamos una célula:
 - Begoña: estructura complicada que tiene elementos variados relacionados entre sí.
- Nadie habla y yo voy pidiendo a distintas personas que intervengan; pido que se imaginen, que pongan en la mente, una célula y que la describan.
 - Loreto: como una fábrica (se refiere a funcionamiento). Vuelvo a la imagen y me dice: como un huevo frito, núcleo interior; en el exterior del núcleo veo como judías (¡Son las tres de la tarde!).
 - Álvaro: pequeñita, pequeñita. Forma esférica; normalmente, tiene una esfera interior (núcleo) y dentro de ésta otra (nucleolo). Tiene una capa que la cubre toda. Entre el núcleo y esta capa hay una sustancia acuosa -la capa es una membrana.
- ¿Son planas? ¿Son siempre esféricas o circulares?. Pregunto yo. Los libros las ponen así, es lo más cómodo, es el patrón que nos dan.
- ¿Todas las células tienen núcleo? ¿Por qué hemos imaginado células eucariotas? - Pregunto yo. Porque son las nuestras, las más comunes, las más complejas, las más organizadas.
- En funcionamiento:
 - Julia (su grupo: Marta y Remedios): Ácidos nucleicos que rigen el funcionamiento; transformaciones, síntesis, acción enzimática, acción del ARN, síntesis de proteínas.
 - Álvaro: fábrica controlada por el ARN y ADN; las demás sustancias responden a sus órdenes.
 - Joel: un símil con un centro comercial ← le he pedido que me lo deje en un par de días. ¡Es muy interesante e imaginativo! Los demás se han quedado boquiabiertos. → tiene matices que se deben revisar. Quiero copiarlo ¡!.
 - Víctor: compara con un hormiguero. ¡También quiero copiar esto!
- Todos estos niños los he tenido que reclamar yo para que hablaran; no intervienen de modo natural.
- Ya comenté la metedura de pata en relación con esta actividad y el cuestionario 1 de la tesis en COU B –diario ¡!

16-10-96.

COU B:

- ¡Estoy agotada! ¡Tengo ganas de llorar pero estoy seca!
- Pregunto si han hecho algo, si han trabajado algo de lo que hemos visto y, rápidamente, veo que no. En el mejor de los casos, por lo que he visto hasta ahora, se hacen las actividades que pido para la clase y eso, sólo, en el mejor de los casos. Pero, además, por lo que he visto, éstas se hacen de manera bastante pasiva.
- Paso lista.
- Dejo que trabajen en A.8. Tengo intención de dar toda la hora.
- Quiero pegar algunas fotos y, después, pasar por los grupos.
- ¡No he pasado por los grupos sino al final! Cinco minutos para acabar.
- En los tres grupos se ha estado trabajando.
- Constanza (grupo de Pascual): en una célula funciona todo.

17-10-96

COU B:

- Dejo cinco minutos y me paso por los grupos.
- Puesta en común de A.8.
- Discutimos punto por punto y se van aclarando dudas.
- Empiezo A.9 → pido un concepto a cada uno y los anotamos. Los discutimos un poco. Pido que se haga una jerarquía lineal estricta ← ¡No podemos! Propongo que se puedan colocar dos conceptos al mismo nivel; ⇒ entonces empiezan a aparecer relaciones y se van discutiendo. Todavía hay muchos que sólo hablan si los reclamo yo. No terminamos de establecer la jerarquía. Pido que lo terminen para mañana. Comento que lo que estamos haciendo es reflexionar sobre el significado de los conceptos; les insisto en que esto es fundamental para aprender. Pido, además, el índice del tema.

COU A:

- Pregunto si se ha trabajado algo. Álvaro ha buscado nutriente y alimento. Acordamos que nutriente es más correcto. Se discute un poco y se pregunta si el oxígeno es un nutriente. Vemos que depende, siempre, del criterio que usemos; lo será si nos referimos a anaerobios -¡¡No!! ¡A aerobios! ¡Estoy cansada! Los demás no han hecho nada.
- ¡Oigo a Tais preguntar si la célula se reproduce!
- ¡¡Cuántas equivocaciones estoy teniendo hoy!!
- Paso lista.
- Este grupo es bastante más hablador y alborotador.
- ¡Voy a pasar por los grupos! Está feo eso de ser vaga.
- Ya hice la ronda. Veo que están trabajando (¡en líneas generales!); Begoña y M^a Jesús no trabajan porque no quieren, están ausentes. Hoy por lo menos no hablan. Yanira tampoco hace mucho.
- Clara: ¿las células tienen la necesidad de morir? El problema, creo yo, surge porque se define desde el principio de la EGB a los seres vivos como aquéllos que nacen, crecen, se reproducen y mueren. Clara dice que un organismo muere y ya está; pero una célula se regenera. Cuando pregunto qué significa eso, surge la discusión en el grupo: una célula antes de morir da lugar a otras por división. Cuando planteo que lo que hacen los seres vivos es nutrición, relación y reproducción, el nacimiento y la muerte son consecuencia de la reproducción.
- La pregunta del esquema de síntesis ha planteado problemas a todos los grupos. ¡En el otro COU no me preguntaron esto!

18-10-96.

COU A:

- Dejo cinco minutos.
- Leandro está en clase.
- Puesta en común de A.8. ¡Mucho más lento! ¡Hasta el extremo de que falta todo el apartado C! Con el otro COU no sólo hice esto, sino la actividad siguiente.
- Creo que algunos intervienen buscándole los tres pies al gato, incluso conscientemente, para ralentizar. ¿Los dejo hablar o soy directiva?
- Paso lista.
 - Remedios: la célula no es un organismo porque forma organismos. Cambia de opinión con la discusión -¡sobre todo con una intervención mía!.

- Gloria: tiene dudas y confusión entre célula y organismo. Mi intervención va en la línea de preguntar si nosotros como organismos hacemos funciones que son consecuencias de las funciones que realizan todas y cada una de nuestras células. Pregunto si se puede afirmar eso.
- En general, en función de los que han intervenido, no hay nada de nitidez y de claridad en relación con los organismos y con las funciones que realizan.
- Tampoco se observa ninguna aplicación adecuada de la teoría celular -“toda célula proviene de otra célula” o “todo ser vivo está constituido por células”, no parecen conocerlo o, cuanto menos, aplicarlo.
- Óscar: cada célula funciona como lo hace porque está en un grupo. Dice que un organismo es un sistema cuya unidad es la célula. ¡¡Pero, en lo primero, está hablando de diferenciación!! ← y en la línea que comentaban los expertos en estos días.
- Hay confusión con coacervado y protocélula \Leftrightarrow los han incluido como niveles de organización.
- Han aplicado mal conceptos de citología: tejido, órgano, aparato, sistema, función, acto, proceso, actividad.
- Desconocen el concepto de especie. Además, dicen, algunos, que los microorganismos son animales. Ideas y conceptos de 1º (BUP) están totalmente olvidados y se aplican mal. Leandro termina su observación de hoy preguntándose: ¿han aprendido algo?. ¡¡Yo también me lo planteo!!

COU B:

- Dejo el cuestionario 1.
- Antes comentamos algunas proposiciones. ¡Quiero ir introduciendo los mapas!
- ¡Me está preocupando el tiempo! No sé si van a poder acabarlo en una hora de clase, ¡en esta clase!
- ¡Efectivamente ha faltado tiempo! He pedido que me lo terminen.

21-10-96

COU A:

- Terminamos el apartado C de A.8.
- Ponemos conceptos en la pizarra -Pido una jerarquía estrictamente lineal.
- ¡Empieza la discusión! No nos ponemos de acuerdo pero, para argumentar lo que se dice, se van dando argumentos. Se llega a que es imposible; propongo que haya dos conceptos al mismo nivel. La cosa mejora pero, claro está, sigue habiendo discusión. Comento que la finalidad de esto es que pensemos en el significado, en la aplicación de los conceptos; de hecho, sólo hay un concepto nuevo -entropía- y los demás ya se sabían, pero se han aplicado incorrectamente. Comento que deberían revisar esto esta tarde y ver hasta dónde pueden llegar.
- Pido proposiciones; antes pongo algunos ejemplos. Hacen proposiciones muy simples. Pido para mañana tres a cada uno.
- No paso lista.

COU B:

- Cambio los grupos y entrego Organización celular.
- Sagrario: → confusión con la fotosíntesis.
- En general, todo el grupo: tienen problemas aún para aplicar los niveles de organización.
 - Pastor: problemas con la energía → ¿está en las sustancias o en los enlaces?
 - Damián: también.
- En general: tienen problemas de aplicación de vida y ser vivo.
- Sagrario: el tomate no se reproduce -no (es un ser) está vivo; (pero) Mío: no considera el tomate como parte de un organismo pluricelular; llegó a considerar que sus células están muertas porque el tomate no se reproduce.
- Sara, Alejandro: comemos células vivas. Después modifican la idea diciendo que se transforman.
- Alejandro: le quitamos a las células que nos comemos los nutrientes que necesitamos.
- Se ha modificado la idea original: saben que sólo utilizan los componentes asimilables.
- Surge la diferencia entre todos (en general) entre la muerte de un organismo pluricelular y la muerte de sus células constituyentes. Explican bien la muerte en términos de tendencia al caos -entropía.

- Se están analizando las composiciones de distintos alimentos.
- Paso lista.
- Hago puesta en común de A.1. Es una actividad introductoria. Leandro me dijo que he hecho esto muy deprisa; según Leandro, no he sacado jugo a lo que realmente piensan. Leandro piensa que dejo poco tiempo para la discusión de ellos; por ejemplo, sólo dijeron por encima lo que piensan en sus entornos (Proteínas ← energía) y, probablemente, ellos piensan igual ⇒ no di tiempo para que salieran sus propias concepciones.
- Pido A.2 y A.3 para mañana. ¡Protestan!. Poco ¡¡!!.

22-10-96.

COU A:

- Cuestionario 1.
- ¡Están todos!
- Me han preguntado varias veces por la pregunta nº 2. ¡También! Y con angustia por la del dibujo de funcionamiento. Algunos plantean que la pregunta del círculo es igual a la 2 y se sorprenden.
- He entregado primero la hoja 1 y después la hoja 2.
- En este COU ha habido más gente hablando. ¡Es séptima hora de clase! De 2,30 a 3,30 horas.

23-10-96.

COU B:

- Dejo unos minutos para trabajar en grupos A.2 y A.3. Pretendo que contrasten lo que cada uno ha hecho en sus casas: ¡Espero!
- Paso lista.
- Hacemos puesta en común de A.2 y A.3. Yo creo que he dado tiempo suficiente; no me parece que los haya acogotado, apurado mucho. De hecho, se adelantó de modo natural y hemos empezado A.4.
- Para mañana A.4 y A.5 → A.6 el viernes ¡y tiene un póster!

24-10-96.

COU B:

- ¡No tengo ganas de nada!
- He vuelto a escribir la carta para mandarle a Vicente Sanjosé, junto con el disco del trabajo.
- (...).
- Dejo más tiempo para A.4 y A.5 que lo que pensaba; en el fondo no viene mal porque el otro grupo ni siquiera ha empezado el tema.
- Me incomoda trabajar en dos grupos con diferencias en cuanto al ritmo y en este caso se están acusando, se están pronunciando.
- Paso lista.
- Hacemos puesta en común de A.4 y A.5. Falta, como de costumbre, información de química: no saben cuáles son las características básicas del enlace iónico y del enlace covalente; saben poco de por qué se establece uno u otro y no saben casi nada de los tipos de reacción peculiares de cada uno de ellos; algunos han buscado ya pero no han encontrado nada o no pueden aplicar lo que han encontrado. Pretenden encontrar la información tal cual la necesitan y no ser ellos los que establezcan las relaciones o conexiones con lo estudiado en otras asignaturas o en otros momentos.

COU A:

- Cambio de grupos.
- Entrego la segunda unidad. ¡Empezamos!
- Discusión del primer apartado de A.1 ¡Cosas sorprendentes!
 - Óscar: dice que sí es la misma composición; comemos lo que nuestras estructuras necesitan y, por lo tanto, es lo mismo. Yo le planteo que si como lo que necesitamos como estructuras, podría exagerar pensando que todo lo que he comido a lo largo de mi vida está en mi cuerpo; sería una bola de carne. Óscar me contesta que también comemos para obtener energía.
 - Marta: en su grupo (habló Gustavo) se dijo que no es la misma composición porque hay transformación. Tiro de la lengua y pido que aclaren esto. Marta pregunta si hay síntesis en la célula, si la célula sintetiza moléculas. Discutimos esto y pongo ejemplos: ¿medimos lo mismo que cuando nacimos? ¿Lo que hemos crecido es por

- acúmulo de materia sólo? ¿Tenemos células en todo nuestro cuerpo? Marta razona y se da cuenta de que hay crecimiento y desarrollo celular. Pero ella se refería a si hay síntesis sin que haya precursores -moléculas que den lugar a las otras.
- Óscar: comenta que los únicos seres capaces de sintetizar materia orgánica a partir de inorgánica son los vegetales. ¡Afortunadamente dijo “a partir”!
 - Marta cae en la cuenta de que la síntesis de materia requiere precursores -materia.
 - Planteo lo que comí ayer y pregunto si queda algo de eso. Se me ocurrió porque Óscar dijo que si comemos proteínas de cerdo, las transformamos en nuestras. Algunos dudan y piensan que depende de lo que haya comido. ⇒ Esto muestra un problema de comprensión de la digestión: se ha aplicado mal este proceso. Yo pregunto: ¿cuánto se tarda en hacer la digestión? Uno de los que ha dudado es Álvaro.
 - Empezamos la puesta en común. ¡No dio tiempo de acabar! No sé por qué siempre pasa lo mismo con este grupo. ¿Cómo y cuándo los voy a poner al mismo nivel?
 - Pido A.2 y A.3 para mañana. ¡¡Protestan!!
 - Surge nuevamente si al comer una lechuga, como células vivas. ¡Provoqué yo la discusión! Hay argumentos varios, como en el otro grupo. ¡Y Víctor! ⇒ introduce un nuevo elemento: trasplante de órganos. Se llega, entonces, a aceptar que la muerte de un individuo no necesariamente supone la muerte de todas sus células al mismo tiempo; pueden estar vivas hasta que se agoten sus nutrientes.

25-10-96.

COU A:

- Hacemos puesta en común de lo que faltaba de A.1. Vemos las relaciones o las asociaciones que se hacen entre los principios inmediatos y procesos o cosas biológicas; al hacer esto, vemos que algunas son coherentes desde el punto de vista de nuestro conocimiento pero otras son incorrectas.
- Planteo si estamos formados por átomos. Comento el trabajo que leí en el que se cuestiona si los alumnos saben esto. Ellos afirman con rotundidad que estamos formados por átomos pero no saben demostrarlo. Pido que lo hagan.
- Dejo unos minutos para que contrasten A.2 y A.3.
- Paso por los grupos poco tiempo, ¡sólo un paseo!. Todavía en algunos grupos paran, dejan de hablar o, incluso, se ríen (M^a Jesús). En general, han venido a clase con las actividades hechas.
- Intensa discusión al empezar la discusión de A.2. He descubierto un auténtico antropocentrismo.
 - Óscar: tiene que haber algo distinto. Discute y discute hasta ponerse nervioso incluso y plantea que la diferencia entre materia viva y materia inerte es que la viva tiene finalidad: comemos y transformamos los nutrientes para ir en contra del principio de entropía. Se resiste a admitir que los seres vivos sean producto simplemente de una casualidad. ¡Me niego a admitir! Han sido sus palabras. Me pregunta ¿por qué estamos aquí, entonces? ¿para qué? Yo le pregunto lo mismo de un basalto de Las Cañadas del Teide y se queda pensando.
- Intervengo yo comentando que, al fin y a la postre, nos negamos a admitir que no tenemos nada de especial, que nos creemos el ombligo del mundo. Pregunto si la dinámica cortical y su explicación a través de la tectónica de placas tienen intencionalidad y me contestan que no, incluido Óscar; comento que sólo se trata de acoplar un proceso a otro y, en la nevera, ése es precisamente el funcionamiento: aprovechar un cambio de energía de alta calidad a energía de baja calidad para acoplar otro que vaya en sentido contrario al natural. ¡Eso es lo que ocurrió con los seres vivos!.
- La discusión ha sido muy intensa y, ¡lógicamente!, no hemos terminado las actividades.
- Cada vez que está Leandro en clase, las discusiones son muy encarnizadas. ¡Los provoca! Y, claro está, no hago lo que tengo previsto. ¡Ya lo sé! ¡¡Eres demasiado directiva!! Si no los dejas hablar, no sabes lo que creen o conocen. Y eso lo hace muy bien Leandro.
- Lo que me llama la atención es que cuando comenté lo de la composición atómico-molecular de la materia viva, se sorprendieron como escandalizados de que hubiera gente que no lo entendiera así; me dijeron que efectivamente las dos materias eran iguales y, después, buscaban desesperadamente algo que diferenciara materia inerte y viva, algo que hiciera especial a la materia viva.

COU B:

- Antes de que empiecen con A.6, saco el tema de lo que se discutió en el COU A. ¡Este grupo me ha dado muy poco juego!. No intervienen a menos que yo los reclame. Se ha discutido poco pero, por lo que han dicho y por sus caras, es evidente que piensan como en el otro COU.
- Al final, están trabajando en A.6 → el póster. ¡Yo creo que lo están haciendo sólo de manera mecánica!
- Paso lista.
 - Damián me pregunta: ¿entonces somos sólo pura química?
 - Sara: me dice que no consigue entender que no haya finalidad. ¿Para qué estamos aquí entonces? ¿Qué sentido tiene la vida? Le comento que debemos separar los niveles de discusión; ¡claro que tenemos creencias! Pero tenemos que saber lo que es científicamente coherente y lo que no.
 - Yaiza: me cuesta creer que no hay una intención. ¿Entonces para qué todo esto?
- Comento que debemos tener claro de qué estamos hechos y cómo funcionamos; y si nos libramos de la etiqueta de especiales, veremos que las reacciones son las mismas que en la materia inerte.
- Al hilo de toda esta discusión, hemos tenido que volver al origen de la vida ← ¡el aprendizaje tiene que ser recursivo!

28-10-96.

COU A:

- (...).
- Empezamos la puesta en común directamente. Quedaba pendiente una parte de A.2; hacemos también A.3 y primera parte de A.4.
- Dejo que trabajen un poquito en el papel biológico de los distintos bioelementos.
- He tenido que trabajar el concepto de átomo, cómo está constituido, qué partes tiene, por qué establece enlaces, qué tipos, etc.
- Paso lista.
- En líneas generales, veo que han trabajado en sus casas porque cuando pregunto (¡tengo que requerir que contesten!), lo que hacen es leer en sus libretas.

COU B:

- Corrijo una libreta. Mientras tanto, pido que hagan A.7. Es la actividad de las citas relativas a la teoría celular.
- Paso lista.
- Empezamos la puesta en común. ¡Y fue sólo eso! Empezar. No dio tiempo de nada. Sólo vimos ejemplos en las citas de lo que es un dato, una hipótesis, una afirmación, un juicio de valor. Surgen dificultades para distinguir hipótesis y afirmaciones de conocimiento. ¡Y en eso toca el timbre!
- Pido que trabajen más estas citas y que traigan bien trabajado el texto del origen de las células eucariontes ← Quiero hacer una V.
- ¡No puedo acelerar más! Correr no me supone nada; pero la verdad es que me estoy retrasando. Y si vamos a hacer la V, habrá que discutirla. ¡Entro nuevamente en contradicción! ¿Qué hago con el tiempo? ¿Los dejo pensar o los llevo como rayos?

29-10-96.

COU A:

- Dejo unos minutos para que trabajen en grupos.
- Muchísimo ruido.
- Óscar me pregunta tres veces por la A.5. ← no me entiende (dice él) y yo creo que no me atiende.
- ¡Óscar! Me vuelve a preguntar. Voy al grupo y, hasta con enfado, veo que ninguno tiene nada claro -no hay conclusiones de las últimas clases y confunden bioelemento con biomolécula.
- Discutimos A.4 y A.5 ⇒ tienen problemas para aplicar los conceptos de niveles de organización. No están comprendiendo y no aplican (más) bien las cosas. Loreto y Remedios ponen cara de desconcierto. No intervienen, no participan. ¡Es séptima hora!
- He hablado mucho yo y no sé si me estoy pasando: quizás los estoy desestructurando y no doy nada para que reconstruyan posteriormente.
- ¡En fin! También es séptima hora para mí. Supongo que tengo que hacer algo. Además, ¡no avanzo!

30-10-96.

COU B:

- Terminamos de discutir las citas. ¡Poco partido!
- Explico cómo es la V y para qué sirve.
- Quiero que vuelvan a leer el texto desde esta perspectiva para hacer mañana la V. ¡Yo sé que no va a dar tiempo de todo!
- No pasé lista.

31-10-96.

COU B:

- Entrego las transparencias.
- Paso por los grupos. Leo las anotaciones de las libretas en dos o tres niños. Alejandro me ha dicho que no le gusta esto de la V. M^a Crescencia dice que hay que leer mucho el texto.
- Paso por los grupos: mi intención fue ponerme al lado de ellos y ver cómo reaccionaban; en general, seguían trabajando. En el grupo de Pastor (el último que visité) me preguntaron si una cosa era un principio o una filosofía. En el grupo de Genoveva siguieron trabajando con absoluta naturalidad -no me dijeron nada. En el grupo de Carla y Constanza siguen trabajando con cierto corte; M^a del Carmen me pregunta si vamos a hacer esto (Vs) en todos los temas porque es un rollo; Carla dice que es deprimente y aburrido; ⇐ yo comento que es una forma de analizar un texto, que nos permite detectar cosas que de otro modo no vemos, que un resumen o un comentario de texto es más pasivo y que lo que me parece deprimente es no tener buenos resultados de aprendizaje. Esto es activo, exige nuestra atención y me contestan que es precisamente por eso por lo que no les gusta. El grupo de Pascual sigue trabajando.
- Paso lista.
- ¡No dio tiempo ni de proyectarlas!
- He pedido que hagan A.9 y A.10 para el lunes.

COU A:

- ¡¡Ha costado veinte minutos que se pusieran a trabajar!! ¡Fuga, huelga, examen, fecha y posibles cambios! ← me he enfadado y he comentado que no nos vamos a ir hoy hasta que no terminemos lo que tengo previsto -A.7 ← la actividad de las citas de teoría celular.
- Paso lista.
- ¡Por fin! Han leído las citas y empiezan a discutir. Como viene siendo habitual, hablan altísimo. ¿Qué hago? ¡¡Nada!! Eso sí: es la sexta hora: no los dejo salir hasta que no crea conveniente.
- Hago puesta en común de A.7 → Estoy un poco más de tiempo después de la hora.
- Pido una lectura detenida del texto de A.8.

4-11-96.

COU A:

- Explico la V y pongo la transparencia de Levandowsky.
- Empiezan a trabajar.
- Paso lista y pongo nota de observación directa.
- ¡No les está gustando! Álvaro me pregunta si esto es para aclarar o para enredar. Tais me pregunta si las filosofías son las hipótesis → lo discutimos en su grupo y nos vemos obligadas a revisar qué se entiende por teoría. Se dan cuenta de que las hipótesis son jerárquicamente inferiores.
- Tais me dice que, entonces, las hipótesis pueden estar en los principios. ¡¡Curioso!!
- No da tiempo de acabar. Tres grupos se han quedado en la hora del recreo; otros tres van a buscar hueco para hacerla antes de la clase de mañana.

COU B:

- Exponemos tres V; ¡no dio tiempo de más!. ¡Sólo queda una!
- Las anotaciones las pongo en cada una de las V.
- Pongo nota de observación externa (¡después!).

5-11-96.

COU A:

- ¡Séptima hora!

- Exponemos sólo dos V. ¡Pero ha habido discusión!
- Faltaron Virtudes y Julia.
- En las V correspondientes he anotado la discusión que se ha generado.

6-11-96.

COU B:

- Proyecto las V del lunes.
- Ponemos la que falta.
- Se discute. En la propia V está la discusión.
- Paso lista.

7-11-96.

COU B:

- Estoy cinco minutos con el 3º de Jesús Mª.
- Dejo que trabajen un tiempo en A.9 y A.10 ← el agua.
- Comento que quiero hablar con cada grupo sobre el póster.
- Paso lista.
- Voy a pasearme por los grupos → quiero ver si hay alguna evolución o cambio con mi presencia.
- Empezamos la puesta en común. ¡No acabé!. ¡Además, me enredé otra vez con la anómala variación de la densidad con la temperatura!

COU A:

- Tres Vs. → la discusión está en las mismas transparencias. ¡Fue intensa!

11-11-96.

COU A:

- Dejo aproximadamente diez minutos para que trabajen las actividades del agua.
- Paso lista.
- Paso por los grupos: despacio sólo por tres; el grupo de Óscar, Víctor, Joel y Miguel aún se calla cuando estoy cerca. En el grupo de Amanda, lo que pasa es que cuando me acerco, Amanda me pregunta algo (habitualmente) que no tiene que ver con lo que trabajan.
- Discutimos las actividades del agua -pido que me demuestren lo que dicen y no tienen recursos, no delimitan variables. Insisto en esto.
- Veo que razonan sólo en parte por qué el agua tiene esas propiedades, Además, intervienen muy pocas personas y siempre las mismas.

COU B:

- Dejo unos minutos para que discutan en grupos. Mientras tanto, paso a las fotocopias de los pósters las entrevistas de hoy.
- Empiezo puesta en común de A.9 y A.10 ⇒ agua. Leandro y yo tenemos que batallar muchísimo para hacerlos razonar; tienen información que no entienden (constante dieléctrica, ...).
- Paso lista.
- ¡Tengo que acabar en la próxima clase! ¡Voy una semana larga retrasada con respecto al curso pasado!

12-11-96.

COU A:

- Adelanto la clase a quinta hora -¡era a séptima hora!
- ¡No habíamos discutido las propiedades/funciones del agua! Yo creía que sí y era el otro grupo.
- Las vamos relacionando a base de preguntas y de ir insistiendo en que busquen relaciones. Intervienen sólo unos pocos. Veo que hay bastante gente que no se está enterando y no está haciendo nada.
- Como van a hacer huelga el jueves y fuga el viernes, propongo que hagamos una clase extra para cerrar el tema y resolver dudas. Hemos quedado en dar una hora mañana a séptima hora.
- Paso lista (¡al principio!).
- Empezamos con las sales minerales - Debería trabajar más esto.

13-11-96.

COU B:

- Expongo el esquema final del segundo tema. Lo comentamos.

- Entrego la hoja que hice; antes, fueron nombrando conceptos importantes de los dos temas.
- Cuando yo entrego las hojas, vemos que, efectivamente, vamos aclarando lo que es más importante y vamos jerarquizando.
- Paso lista.
- Hoy he hablado yo mucho. ¡No sé hasta qué punto esto ha servido para que ellos sepan dónde tienen que insistir!

COU A:

- Clase extra; lógicamente, no paso lista pero faltan: Amanda y Marta.
- Hago lo mismo que en COU B.
- En ambos cursos, he comentado ejemplos concretos de ósmosis y de control de pH.

18-11-96.

COU A y COU B:

- Examen. Tercera hora, recreo y cuarta hora.
- Si no recuerdo mal, es la primera vez que no hay protestas por el examen. Todos se han puesto a hacerlo sin protestar, sin molestarse, etc. Tampoco se ha protestado por el tiempo.

19-11-96.

COU A:

- Cambio de grupos.
- Entrego Glúcidos.
- ¡El examen tiene que ser el día 9-12-96! ¡Tengo que correr!
- Me acerco a tres grupos; siguen hablando entre ellos de las actividades.
 - Miguel, Víctor (que no participan), Laura y Amanda que siguen su discusión.
 - Begoña, Gustavo, Remedios, María -siguen hablando, también; María no participa, pero me sorprende que Begoña participe en su grupo.
 - Álvaro, Virginia, Gloria, Yanira → están apagados, apáticos.
- Se está hablando muy alto.
- Empiezo la puesta en común. Termino enfadándome incluso con Óscar porque me dice que el azúcar es un cristalito orgánico; a partir de aquí tiro de la manta y me dice que es así porque está en la caña de azúcar; así varias frases más. Los demás no son capaces, tampoco, de ver más allá de eso. Intervengo yo comentando (¡con enfado!) que de ese modo no podemos demostrar que el azúcar sea orgánica; yo no veo los C o los O cuando miro azúcar. Entonces comento que no estamos aplicando bien lo que se ha trabajado en lo que, se supone, que han estudiado para el examen de ayer.
- Vuelve a surgir un problema de nivel orgánico/celular cuando hablamos de digestión y de por qué el azúcar engorda.
- Discutimos A.1, A.2, A.3 y A.4. Pido A.5 para mañana. Varias hipótesis:
 - Glúcidos: no son C e H.
 - Glúcidos: no son C hidratados.
 - Glúcidos: azúcares como clase de hidratos de Carbono -Joel.
 - Glúcidos: se transforman en lípidos.

20-11-96.

COU B:

- Hacemos cambio de los grupos.
- Entrego Glúcidos. Comento que es muy importante que se trabaje intensamente y que se haga lo que se pide para cada clase.
- Pido que hagan A.1, A.2, A.3, A.4 y A.5. ¡Quiero discutir hasta A.4!
- Paso lista.
- Están hablando todos muy bajito.
- He pasado por todos los grupos; me he puesto al lado de ellos, Dejan de hablar o, en algunos casos, siguen; pero en realidad están hablando poco -cuando me alejo siguen la misma pauta.
- Cuando llego al de Alfonso, Yurma, Yaiza y Esteban: Yurma dice que esto es un rollo. Alfonso dice que no se acuerda de nada: ¡si tuviera mi libreta del año pasado!
- Hacemos puesta en común. Fue bastante más pobre que en COU A. No han salido cosas en las que tengamos que aplicar lo anterior. ¿Quién me entiende? ¡Ya! Ayer me enfadé y hoy me quejo porque no pasó lo mismo.
- Con ayuda, ¡eso sí!, pero ha salido las mismas hipótesis.

- Pido A.5 para mañana.

21-11-96.

COU B:

- Doy cinco minutos para que trabajen en grupos. ¡Más por necesidad que por otra cosa! He atendido a dos madres de mi tutoría en el recreo y he entrevistado a un grupo de COU A. ¡No puedo más!
- Hacemos puesta en común de la clasificación; la dirijo bastante pero no me importa porque tampoco tiene una gran complicación.
- Me acerco a los grupos; siguen discutiendo y buscando cosas. Me ha llamado la atención, ¡hasta cierto punto!, que varios han buscado mucha información: Alfonso, Damián, Genoveva, Yurma. Me preocupa que sea sólo mecánicamente, porque me preguntan qué pasa cuando se oxidan distintos grupos funcionales. No creo, pues, que lo estén entendiendo.
- Me llama el grupo de Damián, Alejandro, Carla y Cristina: están trabajando oxidación de los grupos funcionales y se han trabajado.

COU A:

- No pasé lista.
- Hacemos lo mismo que en COU A (¡B!), pero siempre da para menos el tiempo en este grupo. ¡!

22-11-96.

COU A:

- Hacemos puesta en común de las propiedades, de A.6 y de A.7. Van saliendo muchas cosas pero no han razonado.
- Al final, surge hemiacetal → pongo el esquema en la pizarra de lo de fenómenos, datos, explicación, etc. Antes había puesto una molécula de glucosa para que me dijeran epimería, isomería, etc. ¡Me lo habían comentado cuando lo pedí pero no eran capaces de relacionarlo con la molécula!
- Algunos están totalmente ausentes: Jezabel, Virtudes, etc. Pero además, hoy me ha llamado la atención que Marta, Julia, Clara, Amanda, Laura, etc tampoco han participado casi nada.
- ¡Ojo! Mucha gente está desconectada; caben dos posibilidades: no se están enterando de nada o no han trabajado nada.
- Está claro que tengo que insistir y que tengo que explicar con detalle esto.
- Paso lista.

COU B:

- ¡Tuve que esperar veinte minutos por un examen de Filosofía!
- Hago lo mismo que el otro COU -COU A. Poca participación y poca implicación, pero este grupo siempre es más apático.

25-11-96.

COU A:

- ¡Hoy hay horario de tutoría! ¡Además! Me han pedido diez minutos para que los chicos voten a sus representantes.
- Explico D, L, β y α , etc y lo relaciono con propiedades, con enlace glucosídico, etc.
- Comentamos brevemente A.8 y A.9.
- Pido hasta A.12 para mañana.
- ¡He pedido un par de clases extra!

COU B:

- Hacemos en la pizarra algunas ciclaciones y vamos relacionando con propiedades para que razonen. ¡Pero cuesta! Casi exclusivamente he hablado yo.
- Oigo comentarios como: “esto es un rollo”; “no me entero” y similares. Les digo que no se ofusquen; es mecánico y lo único que hay que hacer es pensar, razonar y aplicar las reglas pero sabiendo qué significado tienen las cosas.
- Comentamos A.8, A.9 y A.10; son introductorias de papeles biológicos ⇐ ¡¡organizadores avanzados!!.
- Pido A.11 (que es de las personales) y A.12 para el miércoles.

26-11-96.

COU A:

- Hacemos puesta en común de varias cosas. Antes, hago una síntesis de lo que hemos visto hasta ahora para ubicarnos.
- Discutimos A.9 (un poco), A.10 → son reiterativas (¡a conciencia!) y primera parte de A.11 -cuadro de propiedades y funciones para repasarlas.
- Discutimos A.12 → introducción de metabolismo. Vuelven a salir cosas de causa y consecuencia. ¿Necesitamos energía para hacer las reacciones o hacemos esas reacciones porque procesamos energía?
- Discutimos A.13 directamente en clase y sin haberla trabajado individualmente ni en grupos. ¡¡Problemas!! con combustión, con los vegetales y fotosíntesis. Ellos no requieren lo mismo que nosotros. En la discusión quizás haya metido mucho yo la cuña porque he explicado cosas como si yo puedo dejar de respirar a ratos o si tengo que comer todo el día; hago comparaciones con los vegetales.
- Hay algunas caras raras: Remedios, Marta, Óscar, etc.
- No he pasado lista.
- Al final, ¡y a pesar de que son las 3,30 horas! entrego los exámenes; algunos se han sorprendido. Laura no está de acuerdo con la forma de calificar.
- ¡Me voy a comer!

27-11-96.

COU B:

- Hacemos (¡hago!) una síntesis de lo visto en el tema.
- Comentamos A.11.A y ¡tengo que sacarles las cosas con calzador!
- Discutimos A.12 y A.13. ¡Aparecen los mismos problemas!
 - Esteban me dice que los vegetales hacen los procesos al contrario.
 - Carla comenta el recorrido del oxígeno y dióxido de carbono y dice que en este intercambio se obtiene energía.
 - Pascual, cuando yo le pregunto, dice que hay que quitar las plantas de la habitación por la noche.
- Vuelvo a intervenir (¡estoy interviniendo todo el tiempo!) para comentar por qué tengo que tener oxígeno constantemente por el hecho de ser vivo y para qué; volvemos al problema de causa/consecuencia. Vemos para qué requiero degradar constantemente energía de alta calidad a energía de baja calidad -entropía- estructuras ordenadas. ¿Le ocurre lo mismo a los vegetales? ¡Se dan cuenta de que sí! ¡Eso parece!
- Pasamos a A.14 y A.15. ¡Hoy estoy dando una clase más larga!
- Paso lista.
- Empiezan a trabajar en A.14 y A.15. ¡Aquí! he tenido que comentar que este contenido estará en los capítulos de los libros que se refieran a la célula y a su fisiología.
- Hacer sólo lo poquito que se puede hacer ahora queda actuar ¡qué presunción! como organizador avanzado.
- Entrego los exámenes.

28-11-96.

COU B:

- Trabajan en grupos A.15. → metabolismo.
- Me paso por los grupos. Antes he pasado lista.
- Estoy un rato en cada grupo.
- Comento que hay que hacer un póster y propongo que sea grande y uno entre todos; vemos que es difícil hacerlo así y que es mejor que cada grupo haga el suyo. Al rato, veo que se están poniendo nerviosos porque no tienen tiempo; entonces comento la finalidad de ese asterisco y digo que me propongan por qué lo sustituimos. Dejo que esperemos hasta el lunes – cuando expongan; ⇐ si veo que no es suficiente la profundidad, pido el trabajo – póster.
- Pido A.16 y A.17 para el lunes.

COU A:

- ¡Como siempre, mucho más habladores!
- Voy de paseo por los grupos.
- Veo que han buscado información pero de manera descriptiva; cuando voy explicando que eso no es suficiente, se van enfadando, molestando, más bien; esto es un rollo, esto es mucho, etc. Yo insisto en que interesa el sentido biológico: por qué y para qué ocurren las cosas; dónde y qué hay en esos sitios para que se den esos procesos, qué relaciones establecen con otros procesos, etc.

- De momento, ¡hablando altísimo!, pero están trabajando. La implicación de todos no es la misma —hay gente ausente.
- ¡La discusión en los grupos ha sido muy intensa! He pasado por los grupos y he cuestionado ¡todo! Estoy contenta; creo que ha merecido la pena. ¡Eso espero!

2-12-96.

COU A:

- Distribuyo los procesos y empiezan a explicar. En líneas generales, han trabajado.
- Vamos discutiendo y viendo de dónde salen las cosas.
- Comento insistentemente y pregunto por qué esos procesos se dan donde se dan.
- Este aspecto (relación estructura/función) y composición/estructura de los orgánulos es lo más flojo.
- Paso lista.
- Me ha sorprendido, por ejemplo, Gustavo; ⇒ ha trabajado.

COU B:

- Empezamos a explicar los procesos.
- Se ha trabajado y se ha razonado más, pero aun así, sigo insistiendo en buscar razones, por qué, etc.
- El grupo de Carla, Damián y Alejandro relaciona estructura/función cuando explica el Krebs.
- Nos hemos quedado en cadena transportadora.
- Está Leandro en clase -desdoble.
- Vamos retrasados ¡y el examen es el lunes!
- Hay cierta angustia en los niños.

3-12-96.

COU A:

- Comentamos muy brevemente A.16 y A.17. Esta última actividad es la de Atkins; yo creo que le han sacado poco partido.
- Pido que hagan en grupos A.18 y A.19 para discutirlos aquí.
- Paso lista.
- Comentamos A.18 y A.19.
- Pido A.20 y A.22 para el jueves. Comento que deben incorporar todo: fases, fotosistemas, relación estructura/función; además → neoglucogénesis.

4-12-96.

COU B:

- Terminamos de comentar cadena transportadora y fosforilación oxidativa.
- Hago un esquema -¡verbal!- de síntesis y les confieso que yo no sé los pasos de los diferentes procesos. Insisto en que me interesa el sentido biológico.
- ¡Pero no hay forma de que participen! No razonan, no responden incluso a cosas que ya hemos estudiado. Están pasivos y apagados; no dicen casi nada ¡¿qué hago?! ¿Está sirviendo de algo lo que estoy haciendo? El examen es el lunes y pretendo acabar por lo menos con el metabolismo a toda costa. ¿Será un error? ¿Y para la tesis? ¿Me estaré equivocando? ¿Estoy haciendo algo coherente? No estoy anotando cosas de los chicos porque ¡¡no me dicen nada que me interese para eso!!
- Hoy tienen examen de Física. No podemos quedarnos un rato como estaba previsto. ¡En fin! Lo dejo ya; ¿es esto tirar la toalla?
- Paso lista.

5-12-96.

COU B:

- Dejo un rato para que trabajen A.18 y A.19.
- Las comentamos; vamos discutiendo y les digo que no son conscientes de lo que han aprendido.
- Están apagados pero, de todos modos, creo que no ha ido mal la cosa.
- Yo he intervenido para aclarar algunas cosas.
 - Alfonso, Sara, Alejandro, y alguno más van captando la idea del funcionamiento metabólico de la célula.
 - Pastor, Ángeles, Pascual y otros dicen algunas cosas confusas y, a base de cuestionarlos, caen en sus propios errores. Algunos de estos errores son sólo de expresión o de no haber elegido las palabras adecuadas, pero otros son biológicos: muestran problemas con fotosíntesis y respiración.

COU A:

- No paso lista.
- Trabajamos fotosíntesis -¡explico yo mucho! ¡¡Pero se examinan el lunes!!
- Preguntan algunas dudas.
- ¡Salgo a las 15,15 horas y tengo que estar aquí a las 16 horas!

COU B:

- Clase extra -porque hay que acabar el metabolismo para el examen.
- Faltan Esteban, Damián, Pastor. Viene Nieves de COU A.
- Dejo que trabajen y al mismo tiempo corrijo pósters de 1º de BUP.
- Hacemos puesta en común de A.20. ¡Antes! Explico yo; ¡explico yo! la fotosíntesis.
- No contestan; no dicen nada. Tengo que preguntar varias veces lo mismo y, aun así, no contestan.
- Al final, como en el otro COU, expongo el guión del tema.

9-12-96.

COU A y COU B:

- Examen a tercera hora y recreo.

COU B:

- Entrego lo de las fotos -para la tesis. Dejo unos diez-quince minutos para que lo hagan.
- Doy las fotos de microscopía (electrónica) óptica. Pido que anoten en la libreta ¡todo!: sensaciones, elementos que destacan, conclusiones que sacan, diferencias en relación con lo que dibujaron, etc. Pido que ahora sí lo compartan, lo discutan para ver a qué llegan.
- Insisto en que anoten todo en la libreta.
- Entrego cinco fotos de microscopía electrónica (éstas sí se las pueden quedar). Pido lo mismo.
- Insisto en que figure en las libretas todo esto para revisarlo (¡para la tesis!) cuando las corrija.
- Comentamos algunas diferencias. Cuando pregunto si lo que han visto concuerda con lo que me habían escrito en la hoja que entregué, algunos dicen que sí. Pero este grupo es el que apenas participa y, además, acabamos de salir de un examen.
- Vemos algunas diferencias entre microscopía óptica y electrónica.
- Pido para mañana la A.21.← fotos de microscopía electrónica.

10-12-96.

COU A.

- Es séptima hora; muchos niños llevan dos horas libres esperando por la clase de Biología. Quizás esto explique que estén tan plomos: he tenido que explicar varias veces lo que quiero que hagan, incluso me he enfadado. También es cierto que vienen de un examen de Matemáticas (muchos de ellos). Cuando explico lo que quiero que hagan, están hablando entre ellos. Otros me miran diciendo que estoy loca y que cómo van a dibujar lo que no saben qué es; les recuerdo que han trabajado desde años atrás con estas imágenes y se trata de ver cómo las plasmarían ahora.
- Ayer lo hice con el otro COU; por lo tanto me quedé pensando: yo le decía a Marco y a Ileana que en Biología primero era la imagen y después la verbalización; ellos planteaban que cuando, en Física, se llega a esquematizar y dibujar, se tiene un modelo mental más elaborado. A mi me parecía que el nivel más bajo de desarrollo de modelo mental en Biología era el dibujo; ¡pero! ¡pero! Resulta que les está costando muchísimo representar en imágenes lo que no tienen problemas en representar a través de proposiciones.
- Paso lista.
- En el grupo de Loreto hay una discusión grande:
 - Tais considera toda la glándula una célula.
 - Joel y Nieves dicen que es imposible; una célula es cada una de las cosas que hay alrededor de cada mancha azul (-¡que en realidad es la luz de la glándula!-).
 - Loreto duda -no sabe.
 - Remedios y Begoña (¡y Gustavo!) me preguntan dónde está el límite de la célula en la imagen de la sinapsis.
 - Al entregar microscopía electrónica y volver al grupo de Loreto, ella misma identifica las distintas células en la imagen azul de tejido endocrino.
- Discutimos diferencias entre los dos tipos de microscopía.

- Yo pregunto si lo que han visto responde a lo que me han dibujado y descrito; me dicen que en líneas generales sí; elijo dos al azar (iba a escribir “cojo”) y veo que no.
- Pido A.21 para el jueves.

12-12-96.

COU B:

- Dejo que trabajen en A.21.
- Yo corrijo una libreta y pongo nota de observación externa. Paso lista al mismo tiempo
- Creo que no están haciendo nada. Voy de paseo por los grupos.
- He hecho la ronda y he visto que no han sacado todo el partido posible a la actividad. Yo comento que la finalidad es ver cómo se trabaja con microscopía electrónica - interpretación, ver las estructuras e identificarlas, aprovechar para analizar composición, estructura, función, relación estructura/función y repasar, también, los procesos.
- Dejo media hora para esto.
- Después pido que empiecen con un mapa conceptual. Es el primero que pido pero no tengo que hacer nada especial para introducirlo porque el año pasado, tanto los repetidores conmigo como los otros con Jesús M^a, hicieron mapas conceptuales. Además, ya hicimos proposiciones y discutimos jerarquías en el primer tema.
- Hacemos un sorteo para que dos grupos traigan hecho el mapa en transparencia.

COU A:

- Dejo media hora para hacer en grupos A.21. Aclaro la finalidad. Este grupo es bastante más hablador.
- Cojo nota de observación externa.
- Voy de ronda.
- En los últimos quince minutos trabajamos con el mapa conceptual y sorteamos los grupos que exponen mañana.

13-12-96.

COU A:

- Exponemos y discutimos el primer mapa. Veo problemas; se comentan y se discuten. Los anoto en el propio mapa.
- Pero tengo un problema: si explico y aclaro los problemas, si matizo lo que va saliendo y si intervengo yo en todo esto, no puedo coger notas de lo que ellos me van diciendo. ¡Ya! ¿No estaré siendo muy directiva y pretendiendo solucionar todos los problemas que veo sin darles tiempo a que ellos mismos los detecten? ¡Yo no puedo dejar sin aclarar y explicar problemas de conceptos o dudas! Si no salen en la discusión ¿qué hago?
- Se expone el segundo mapa. Se discute pero no tanto como el primero, sobre todo porque se acabó la clase.
- No paso lista.

COU B:

- Se exponen dos mapas: uno se discute y el otro sólo se explica.
- ¡¡Lo mismo!! Tengo la misma sensación que en COU A. Además, este grupo es bastante más pasivo, me cuesta mucho más que se arranquen; no entran en la discusión.
- No paso lista.

16-12-96.

COU A:

- Seguimos con los mapas. ¡Pero se me ha ocurrido una genialidad! Tengo dos secretarios: he pedido que dos personas anoten los turnos de palabra, las intervenciones, la discusión. Yo también anoto pero más pendiente del mapa en sí. Con las tres hojas, anotaré lo de la carátula del mapa y, así, puedo estar más pendiente de los niños.
- Sólo queda uno por comentar.
- Paso lista.
- Los mapas han sido superficiales y, sobre todo, la discusión; he tenido que preguntar varias veces: ¿qué vemos? ¿cómo está? ¿qué discusión entablamos? Etc.
- Yo comprendo que están cansados pero ¿sirve esto para algo?

COU B:

- Desdoble con Leandro. ¡Muy bien! Se dan cuenta de cosas. Advierten la complejidad y parece que ellos mismos captan sus propios errores.
- He hecho lo mismo que en el otro COU -¡dos secretarios!-. Así puedo intervenir yo más.

- Estoy contenta hoy porque aunque no son muy expresivos y participativos, hoy ha estado mejor.
- La actitud de Alejandro es rara -¡autosuficiente!

17-12-96.

COU A:

- Me han pedido veinte minutos de mi clase.
- Discutimos el mapa que quedaba. ¡Vienen muy agresivos! La discusión es fuerte.
- No paso lista.
- Pido la V para el jueves.
- En los dos COUs ha habido protestas con la V. ¡No! ¡Otra V no! ¡Otra vez, M^a Luz! ¡No seas cruel! ¡Es un coñazo! ¡Es una lata! ¿Pero para qué? En fin, protestas varias y airadas. ¡Yo insisto! No cedo un ápice.

19-12-96.

COU B:

- Ponemos las V.
- ¡Están cansados, apagados!
- Con la V de Alejandro y Carla surge una intensa discusión porque han puesto Teoría Celular y se generan dudas. ¿Por qué está representada esa teoría? -Sagrario y Yaiza.
- También hay una encarnizada bronca en relación con las filosofías.
- En lo que se refiere a célula, explícitamente, y a su funcionamiento, surge lo que se deriva de las Vs; las anotaciones están en las hojas de las mismas.

COU A:

- Se exponen las V.
- ¡Es sexta hora! Están cansados.
- Se discuten muy poco.
- Como me he empeñado en que se vean todas, nos pasamos aproximadamente veinte minutos de la hora de clase.
- Ha surgido, también aquí, la discusión de las filosofías empirista y racionalista.
- Pero, en general, ha habido poca implicación.
- Cuando pregunto para qué ha servido hacer la V, me dicen distintas cosas pero, en general, no les gusta.
 - Álvaro: sirve para relacionar las cosas. Te da una visión de conjunto. Me parece interesante.
 - Loreto: esto no sirve de nada, no me aporta nada. El mapa sí porque sirve para estudiar y para repasar pero esto no. No le veo ningún sentido.
- Cuando yo comento que son instrumentos distintos, algunos asienten, Insisto en que la V es un ejercicio superior de integración y de síntesis, mientras que con el mapa hacemos un análisis conceptual.
- Les hago ver, caer en la cuenta, que donde han tenido las mayores dificultades es precisamente en el dominio conceptual. Esto demuestra que cuando nos preguntan directamente respondemos y, en el mejor de los casos, eso responde más a conclusiones -al dominio metodológico. Pero si tenemos que pensar en lo que hemos usado para dar respuesta, nos cuesta más. Insisto en que el conocimiento no es estanco.

8-1-97.

COU B:

- Faltan Damián y Pastor. (¡Tengo que hablar con Pastor!).
- Entrego la hoja para hacer el mapa conceptual individual sobre la estructura y el funcionamiento de la célula.
- ¡Las reacciones han sido terribles! ¡De todos! Expresiones como: ¡oh, no!, ¡otra vez!, ¡¡pero individual?!, ¡otro mapa!, ¡¿pero para qué?!, ¡no me acuerdo de nada!, ¡¿para qué sirve esto?!. Las caras que han puesto lo reflejaban todo: desgana, asco, hastío, desinterés, ... ¡¿No es esto muy deprimente?! ¡¡No!! Hoy no me puedo permitir el lujo de deprimirme.
- Al final, he pedido que expliquen el mapa por la parte de atrás. ¡Lo había olvidado!
- Ha tocado el timbre de final de la clase -¡y es sexta hora!- y todos se han quedado como si no lo hubiesen oído. Han seguido trabajando ensimismados y enfrascados en el mapa. Hasta Pascual -que ya lo había terminado y lo está explicando- sigue escribiendo como si nada hubiese pasado.

- Esteban al explicar el mapa ha vuelto a éste y ha hecho una modificación; no sé por qué, pero esto me ha llamado la atención.
- Todos han tenido el tiempo que han querido; a medida que acababan, se iban. He esperado veinticinco minutos por la última persona -Constanza.

9-1-97.

COU B:

- Entrego un examen por grupos para que lo hagan.
- Me paseo por todos los grupos; estoy un ratito al lado de ellos y siguen trabajando. Quizás están respondiendo de manera muy mecánica.
- Alejandro me pregunta por lo de anaerobio facultativo porque le queda la duda desde el primer tema de qué ocurrió cuando apareció el oxígeno; lo aclaramos.
- Cuando el grupo de Constanza, Andrea, Ángeles y Pastor comenta la frase de que las células vegetales no respiran, surgen problemas. Pastor dice que no es correcta y Ángeles dice que sí. Como Alejandro y Carla ya la habían discutido, les pido que intervengan en este grupo y me separo, los dejo. Al ratito, le pregunto a Ángeles y me dice que ahora sí está claro. Pastor, cuando le pregunto, me dice que ahora sí tiene argumentos para justificar su respuesta.
- En líneas generales, todos han tenido que recurrir a los libros y a sus apuntes.
- No da tiempo de que terminen. Pregunto si ha servido para algo y me dicen que sí, sin pasión, pero que sí ha venido bien.

COU A:

- Voy al aula 3 → los he sentado como si fuera examen. Son veintidós niños y en el laboratorio se podrían ver lo que hacen entre ellos, se podrían influir.
- He pasado lista; sólo falta María ← ¡me imagino que terminará siendo baja!
- Cuando han visto lo que les pedía, han protestado pero bastante menos que en el otro COU. Álvaro decía que una hora era muy poco tiempo. He comentado que ya que el martes no voy a dar clase porque tengo consulta médica, podemos estar hoy más tiempo si lo necesitan.
- Álvaro lo está haciendo directamente y con cierta aceleración, ansiedad.
- En este grupo sólo he estado quince minutos más.

10-1-97.

COU A:

- Dejo un examen por grupo para que lo hagan discutiéndolo y con material (libros).
- Ponemos fechas de examen -Lípidos- veintiséis de febrero; proteínas – diez de marzo.
- Paso lista.
- ¡Me voy de ronda! Este grupo siempre habla más alto.
- Paso lista.
- Paso por los grupos. Todavía hay bastante gente que trabaja de manera individual, no discute las actividades, etc. Este grupo va mucho más lento en la discusión del examen. Y le está sacando bastante menos partido; lo están haciendo de manera mecánica.
- Me voy de ronda otra vez.
- ¡Voy a desayunar! ← tenía fatiga; lo que no entiendo es por qué ahora no aguanto toda la mañana y antes sí.
- El grupo de Loreto, Nieves, Tais y Joel discute mucho.
- Cuando pregunto si ha servido para algo, me contestan que sí; comento que de lo que se trata es de que se pongan a prueba a ellos mismos para ver qué saben. ¡Algunos dicen que se han suspendido!
- Leandro me dice que sigue habiendo problemas en varios chicos con los niveles; no se está diferenciando el nivel en el que nos movemos: celular/orgánico y esto está dando problemas.

COU B:

- Dejo un ratito para que acaben lo del examen que empezamos ayer.
- Hago cambio de grupos - ¡con algunas protestas!
- Explico cómo voy a hacer Lípidos.
- Pido que hagan una lista de conceptos relacionados con Lípidos o sugeridos por los Lípidos. Además, pido que hagan cinco proposiciones con los mismos; sólo pueden unir dos conceptos en cada proposición.
- Paso lista.

- Paso por los grupos. Están haciendo frases de tal manera que hay “nexo” antes y entre los conceptos seleccionados; esto no es incorrecto pero les he pedido que busquen otra forma de expresarlo sin que pierda significado, el significado que ellos han expresado, poniendo sólo nexo entre los dos conceptos. De este modo, yo creo que los obligo a pensar más en el nexo, a profundizar para que no sean, o no hagan cuando lleguemos al mapa, nexos simples y poco expresivos e informativos.
- Ponemos dos proposiciones de grupos distintos en la pizarra y las discutimos. ¿Está actuando esto como organizador avanzado? ¿Esto permite establecer un puente entre lo que ellos saben y la nueva información? Yo quiero empezar el lunes comentando: esto es lo que sabemos; ¿responde a qué son, cómo son, dónde están y cómo funcionan los Lípidos? A continuación quiero exponer el guión del tema ¡o darlo en fotocopia! y empezar a explicar. Pero debería tener la capacidad que tiene Marco de ir hacia adelante y hacia atrás constantemente y sin que resulte pesado o monótono. ¿Seré capaz de hacerlo y en tan pocas horas de clase como tengo? ¡¡Lo dudo!! ¡Porque soy muy directiva y porque quiero avanzar!

13-1-97.

COU A:

- Hago cambio de grupos. Hacemos esto para que no se establezcan dependencias en el trabajo, para que se acostumbren a trabajar independientemente de los compañeros que tengan.
- Pido que busquen conceptos relacionados o sugeridos por los Lípidos.
- Pido que hagan cinco proposiciones.
- Voy de ronda.
- Paso por todos los grupos. Veo que siguen usando nexos simples que, además, expresan como frases → pido que piensen en nexos explicativos pero entre los dos conceptos; y también veo que siguen usando como conceptos algunos que son constructos y que van con adjetivos. Les hago ver que tenemos que profundizar en esto. ¿Esto que estoy haciendo sirve para algo? ¿Actúa esto como puente?
- Ponemos cinco proposiciones en la pizarra y las comentamos brevemente.
- Pregunto si esto es representativo de nuestro conocimiento sobre los Lípidos y, sin gran entusiasmo, me dicen que sí. Cuestiono si esto da respuesta a qué son, cómo son, dónde están y cómo funcionan los Lípidos y me dicen que no. Digo, entonces, que lo que he pretendido es que pensemos en los conceptos y en los nexos y, sobre todo, que nos demos cuenta de cuál es nuestro punto de partida para llegar a lo que necesitamos; esto es lo que figura en el guión que proyecto y explico.
- Paso lista.

COU B:

- Comento por qué y para qué pedí conceptos y proposiciones. Pregunto si son representativas de lo que sabemos de Lípidos. Tenemos también en la pizarra las de COU A.
- Empiezo a explicar. Cinco transparencias → He llegado a terminar los ácidos grasos. ¡Me ha gustado! Las transparencias están bonitas, lo del puntero es una gozada, me he sentido suelta, segura, etc. ¿Qué más se puede pedir? Lo que tengo que ver es si voy más rápido de esta manera porque me hace falta tiempo.
- No he pasado lista.
- Creo que los niños están cogiendo bien los apuntes, se apuran un poco pero bien. Lo que he comentado es que no me parece suficiente que copien las transparencias porque yo voy diciendo más cosas, explicando con más detalles y ejemplos lo que está en ellas; ¡incluso he manejado al tiempo la pizarra! ¡¡Hoy me he gustado!! Todo expositivo pero ¡¡¡todo significativo!!! ¡¡Eso espero!!

15-1-97.

COU B:

- Sigo explicando Lípidos. He empezado (...) explicando y comentando muy brevemente las transparencias de la clase del lunes.
- Como nuevas, estaba la transparencia de Acil-glicéridos y he hecho en la pizarra las reacciones.
- He vuelta atrás poniendo, otra vez, la clasificación y sobre ella he explicado los Lípidos saponificables complejos.

- He comentado que quiero que hagan un cuadro, esquema, resumen o lo que quieran, por grupos, para ceras, terpenos, vitaminas, prostaglandinas y hormonas.
- No ha dado tiempo de mucho. Pido que lo terminen.
- Paso lista.

16-1-97.

COU B:

- Dejo un ratito para que comparen la información que han trabajado ayer (¡se supone!) sobre otros Lípidos.
- Voy de ronda.
- Empiezo membrana. Antes, pongo la transparencia de Acil-glicéridos para repararlos; después, la de la clasificación y después la de generalidades para ver, otra vez, las funciones; luego pongo la del guión para ubicarnos -vamos a empezar por “¿Dónde están?”.
- Empiezo los modelos de membrana ¡pero sólo dos! Vuelvo a empezarlos mañana.

COU A:

- Explico hasta Acil-glicéridos. En total, expongo cinco transparencias y hago algunas cosas en la pizarra -esterificación, saponificación, etc .
- No paso lista.

17-1-97.

COU A:

- Repaso con las transparencias todo lo que vimos ayer.
- Termina con Lípidos saponificables complejos.
- Trabajan en los insaponificables.
- Pido que lo traigan parta mañana. (¡el lunes!).
- Espero hacer membrana ¡completo! el lunes.
- ¡He hablado con Leandro! Es preferible no hacer la V de membrana para pedir una V de célula (estructura y función) individual al acabar Lípidos.
- Paso lista.
- ¡Sigo con lo de la V!; el mapa sería preferible en Proteínas -si todo sale bien, sería justo después de Semana Santa, con lo cual, separo los mapas de Proteínas (en grupo) con éstos.
- ¡Estoy anotando esto en la clase de 1ºB -perfil topográfico ¡¡y he perdido la paciencia!!.

COU B:

- Sigo explicando. He repasado las de membrana y he seguido con los modelos (¡fue donde me quedé!). Después he hecho permeabilidad. Me he quedado en los mecanismos de transporte → primera transparencia: tipos (la que está hecha con mi letra)
- Parece que van cogiendo bien los apuntes pero muchos tienen los de ordenador. (¡están viejos ya!).

20-1-97.

COU A:

- Proyecto la clasificación, la definición y funciones y el guión para repasar y ubicarnos.
- Sigo con membrana. Proyecto hasta la primera de permeabilidad. Voy explicando y ellos básicamente se limitan a copiar las transparencias; noto, por ejemplo, a Remedios pendiente y que va asintiendo con la cabeza y a Clara que me pregunta si al romperse las uniones Van der Waals, podría entrar el agua, o Jezabel, al final, y bajito, al hilo de los gradientes electroquímicos, pregunta si eso tiene que ver con las piedras del riñón. De resto, no veo gran interés; y, sobre todo, no sé si van entendiendo aunque creo que sí porque repito y parece que se les va quedando.
- No paso lista.
- Protestan un poco cuando cambio de transparencia (¡lo que demuestra que se preocupan por copiarla sólo!). Dicen que voy muy rápido pero tampoco se quejan demasiado. He visto siete transparencias nuevas.
- ¡¡hace muchísimo frío!! Ni ellos ni yo entramos en calor. Las manos se nos hielan. ¡Quizás por eso van lentos!

COU B:

- Sigo explicando con las transparencias. Vuelvo a poner funciones de la membrana, permeabilidad (dos) y tipos de transporte. Sigo adelante, entonces, y en un momento dado, no expongo transparencia sino que lo explico: mecanismos moleculares de

transporte. Termino membrana y transporte poniendo otra vez sus funciones y el modelo vigente.

- Empiezo, entonces, retículo endoplasmático y sólo me da tiempo de dos transparencias. La verdad es que dije que íbamos retrasados (¡y ellos protestaron!)y sólo se me quedó una transparencia de las que tenía previstas.
- No pasé lista, pero Pastor no estaba.

21-1-97.

COU A:

- ¡Séptima hora!
- ¡He explicado muy deprisa! He terminado el transporte a través de membranas. Sólo habíamos visto ayer la primera transparencia de permeabilidad. He hecho algunas cosas en la pizarra, me he movido por toda la clase, he apagado un ratito el retroproyector, en fin, he hecho muchas cosas y sin dejar de hablar; hasta yo estoy asombrada de mi misma.
- Para empezar, puse la definición de Lípidos (transparencia 1), la clasificación, definición de membrana y el modelo de mosaico fluido -en texto- no el dibujo.
- Lo que no les comenté es hasta qué punto el modelo de mosaico fluido explica toda la permeabilidad y el transporte.
- No pasé lista.

22-1-97.

COU B:

- Sigo explicando; he empezado poniendo el guión, he repasado la permeabilidad y el transporte, he puesto las dos primeras de retículo endoplasmático y después puse el resto ← ya nuevo.
- Termino retículo endoplasmático y explico aparato de Golgi. ¡Sólo queda un poquito de secreción!
- Falta Pastor.

23-1-97.

COU B:

- Pongo sobre todo definición de retículo endoplasmático y la última (comentario largo), aparato de Golgi y me paro en la secreción.
- Sigo con lisosomas, vacuolas y empiezo con mitocondrias (¡me quedé a la mitad!)
- Hoy he estado insegura, sin ganas, lenta, ... ¡! Y quiero acabar el tema mañana.
- No pasé lista → ¡están todos.!

COU A:

- No pasé lista.
- ¡Me siento totalmente insatisfecha! ¡No me ha gustado nada tampoco esta clase! He estado insegura, sin ganas y ¡lenta!. No quería leer las transparencias solamente y me enrollaba, pero la realidad es que no sabía, tampoco, lo que había puesto en ellas.
- Los niños se limitan a copiar y yo largo y largo, ¡pero sin coherencia!; lo único que ha salvado la situación es que en las transparencias las cosas sí están ordenadas. ¡¡En fin!! Me voy a casa.

24-1-97.

COU A:

- Reviso, ¡muy brevemente!, retículo endoplasmático.
- Explico aparato de Golgi y lisosomas.
- Leandro estuvo un rato.
- No pasé lista.
- Voy a dar una clase la próxima semana (¡¡¡a primera hora!!).
- No pasé lista.

COU B:

- Falta Pastor.
- Vuelvo a mitocondrias y termino de explicar su composición y estructura. Comento elementos que son similares en cloroplastos.
- Comento algunas cosas sobre el metabolismo y el papel de la mitocondria en él.
- Explico (sin transparencia) cloroplasto. Hago un dibujo en la pizarra de cloroplasto y mitocondria y comento por qué interesa que las membranas internas se desarrollen mucho.

- Explico que de ningún modo podemos confundir fotosíntesis con respiración celular y refresco la memoria.
- Explico metabolismo de Lípidos y lo conecto con el de Glúcidos.
- Proyecto fotos de microscopía electrónica y esquemas (cuatro en total).
- Entrego las actividades.
- ¡Y no me pasé más que cinco minutos!

31-1-97.

COU A:

- No paso lista.
- Explico vacuolas, microcuerpos, mitocondrias, cloroplastos (y aprovecho para explicar (reparar) respiración celular y fotosíntesis) y metabolismo de los Lípidos.
- Sólo me ha quedado cerrar con las últimas transparencias (fotos de microscopía electrónica) y el guión del tema -antes la primera de Lípidos.

3-2-97.

COU A:

- ¡Tengo un terrible disgusto! Se me ha roto el puntero; y la verdad es que no sé por qué. Simplemente se ha desarmado.
- Explico las transparencias de microscopía electrónica. Pongo, después, la primera de Lípidos para ver que efectivamente podemos afirmar eso de los Lípidos y, luego, el guión para comprobar que hemos cubierto ese contenido.
- Pido que hagan actividades. ¡Me he desinflado por completo!
- Voy por los grupos. La finalidad de estas actividades es oírlos y tengo que hacerlo para ver (¡interactuar con ellos!) si me dicen algo importante para la tesis; ¡pero no tengo ganas!; Estoy demasiado disgustada!
 - Grupo de Álvaro, Marta, Virginia y Amanda: están trabajando en A.24 (¿se puede formar glucosa a partir de Lípidos?). Están discutiendo porque algunos dicen que sí y otros que no. Comento que necesitan el metabolismo de los Glúcidos para responder. En definitiva, hablan de reacciones y ¡creo yo! se están dando cuenta de cómo funciona la célula \Leftrightarrow reacciones.
 - Grupo de Gustavo, Yanira, Nieves y Tais: no saben qué es protocolo. Además, discutían si tenemos grasas vegetales en nuestro cuerpo. Después de discutirlo, me doy cuenta de que volvemos a tener un problema de niveles de organización: no asimilan la digestión y, por tanto, la transformación de nutrientes ni a nivel orgánico ni a nivel celular. Lo hablamos y parece ser que lo advierten.
 - Grupo de Bibiana, Joel y Jezabel: trabajan en la actividad de la tabla. ¡Hablan muy poco! No he sacado nada.
 - Grupo de Óscar, Miguel y Julia: han trabajado A.6 - grasas animales y aceites vegetales. Me llama la atención que la hayan acabado y pregunto; la han hecho con superficialidad y, claro está, están confundiendo cosas y cometiendo errores. Por ejemplo: dan a los ácidos grasos insaturados las propiedades de los saturados. Pido que analicen con más profundidad las actividades.
 - Grupo de Loreto, Begoña, Laura, Víctor, Remedios: van muy deprisa y superficialmente. Han hecho A.1 y A.2 y van a hacer A.30 - molécula del agua. ¡Eso es por la fotosíntesis! (Loreto) y yo pregunto por qué, qué ocurre, etc. Loreto me dice que no se acuerda. Yo comento que de eso se trata.
- ¡Se acaba la clase!.
- Paso lista

COU B:

- Trabajan en las actividades.
- Comento con Leandro que necesito más comentarios de interacción con los niños cuando ellos están trabajando, más “lo que ellos dicen”.
- Me fotocopia lo que necesita Mercedes.
- Voy de ronda.
 - Grupo de Alfonso, Pastor, Sagrario, Andrea, Yaiza: están haciendo A.6 y A.7. Surge un problema serio de niveles de organización. Sólo Pastor decía que se tenía que asimilar el nutriente por la célula (por cada célula) y los demás decían que las células cogían lo que necesitaban y lo que era más fácil de metabolizar; el resto, según los otros cuatro (Andrea sólo asentía y no participaba directamente), iba a las reservas sin entrar en células, Lo discutimos y vimos que este problema ya lo

tuvimos con el texto de Carl Sagan y en Glúcidos. Las células y los organismos sintetizan (¡anabolizan!) de nuevo.

- Grupo de Constanza, Pascual, Genoveva, Yurma, Ángeles: han contestado con simpleza y ¡al contrario! la pregunta A.24 → ¿se pueden formar Glúcidos a partir de Lípidos?. Han contestado ¡con un párrafo! Lípidos a partir de Glúcidos. ¡Me molesto!. Les hago ver que no se han fijado en la pregunta.
- Grupo de Sara, Alfonso, Esteban, Carla, Elena: están batallando con los ácidos grasos y con la saponificación.
- Veo que están bastante implicados. Carla dice que esto no le gusta porque no encuentra solución. Yo le digo que cuando lo resolvemos no nos deprimimos, como ella me dijo, sino que nos ponemos por las nubes por saber resolver problemas.
- Alejandro también está enfascado con Pastor, Sagrario y Yaiza por el poder calorífico y su relación con los puntos de fusión.
- Paso lista.
- No discutimos porque me han pedido más tiempo.

4-2-97.

COU A:

- Comento el plan de trabajo para acabar Lípidos. Pido el póster para el día veinte de febrero de 1997 y digo que quiero hacer lo mismo que la otra vez - comentarlo con ellos - no voy a admitir que haya los mismos problemas.
- Siguen trabajando en las mismas actividades que hacían ayer.
- Sólo el grupo de Marta pasa a otra.
- ¡Están teniendo problemas en resolver lo que se les pide! Quieren hacer cosas que tengan respuestas hechas, inmediatas.
- Dejo en cada mesa tres folios de microscopía óptica para que las recuerden y vean qué se puede apreciar con ellas.
- Paso lista.
- Los he dejado trabajar pasando por los grupos.
- Al final de la clase: Laura y Remedios vienen a hablar conmigo. Laura dice que ya se quedó en blanco cuando pretendíamos demostrar que la célula tiene agua; le recuerdo que sí se dijo cómo demostrarlo y comento varios argumentos que se usaron. Ella dice que no quiere quedarse sin saber cómo demostrar que ha habido fotólisis del agua y que por eso no se ve más la molécula de agua. Ella y Remedios proponen usar SH_2 y yo digo que eso demuestra que no es el CO_2 el portador o dador de O_2 ; pero no demuestra que sea el agua. No encuentran salida y les propongo analizar los fotosistemas I y II: ¿Y si bloqueo la fotólisis? ¿Y cómo la bloqueo? Hemos quedado en investigar esto.

5-2-97.

COU B:

- Comento que quiero dos días para hacer y discutir mapas conceptuales. También comento que no quiero los mismos problemas en los pósters que los que ya tuvimos en los primeros. Les hago ver que estas dos clases de actividades, las dos clases de mapas y el póster tienen como finalidad trabajar profundamente lo que hemos trabajado y estudiado (¡lo que yo he explicado!) en estas tres semanas.
- Los tres grupos trabajan en las actividades - ¡siguen con las que habían empezado el lunes! -.
- Me llama la atención la discusión que hay entre Pascual y Genoveva - ¡con pasión! Cogen los libros, comentan, ¡aquí dice!, ¡pero eso no es así!, ¡no pueden atravesar la membrana!, etc. Constanza también interviene activamente. Ángeles y Yurma trabajan menos. No es estrictamente Lípidos, pero es funcionamiento de la célula.
- Me acerco al grupo porque están “al borde”; la tensión ha ido en aumento. Les doy algunas pistas, pero los dejo para que sigan; les doy los apuntes nuestros y les enseño cómo podría guardar relación con los ciclos y procesos de la mitocondria. ¡Los dejo!
- Voy al grupo de Alfonso, Sara, Esteban, Carla y Elena: me han llamado porque no ven nada en las fotos de microscopía electrónica. He dejado en todas las mesas fotos de microscopía óptica (hace ya un rato).
- Cuando las dejé en el grupo de Pastor, Alejandro, Yaiza, Andrea y Sagrario, le pregunté a Pastor qué diferencias hay; surge un cruce de impresiones que me hace entrar en la duda -me dice que lo que se ve en microscopía óptica es más grande. Yo creo que hay un problema de conceptualización sobre el tamaño y de interpretación de lo que se está

viendo. Al final, me dice que la resolución de la microscopía electrónica es mayor y le pregunto qué es eso; parece que lo entiende.

- Los dejo trabajar.
- ¡me ha llamado la atención! El grupo de Genoveva ha quedado para trabajar esta tarde en las actividades de Biología. El grupo de Alejandro también ha quedado para hacer el mapa, pero esto me parece más normal porque les tocó empezar mañana.

6-2-97.

COU B:

- Trabajan en los mapas. El grupo de Alejandro lo trae terminado para pasarlo a la transparencia.
- Los otros dos grupos, por lo que veo, no lo han terminado.
- Pongo nota de observación externa.
- Me acerco por los grupos.
- He pasado por los tres grupos: están pasando los mapas; no hay discusión.
- Pascual le explica a sus compañeras (Constanza, Yurma, Genoveva -Ángeles ha ido a donar sangre) la idea que ha tenido ← ¡me parece interesante! Vamos a ver qué sale.
- Habíamos quedado en que el grupo de Alejandro, Pastor, Andrea, Yaiza y Sagrario expusieran hoy pero no sé si va a dar tiempo; traían el mapa hecho -han trabajado aproximadamente tres horas en él, y tenían que pasarlo a la transparencia. La verdad es que no han parado. ¡Yo ahora no sé qué hacer! Si espero a que terminen, no va a dar tiempo de discutirlo; no me parece buena idea partir la discusión. No sé si dará tiempo de que ellos lo expliquen; quizás podría resultar así bien.
- Pascual viene a preguntarme una cosa para meter las frases de la β -oxidación porque no saben cómo resolverlo; lo pienso y le busco una solución - no sé si fue un error o no → ¡necesitaban ayuda!
- ¡No va a dar tiempo ni siquiera de exponerlo! Dejo los tres mapas para mañana; no me parece bien partir la exposición y explicación.
 - En el grupo de Pascual → estaban discutiendo cómo encajar la β -oxidación otra vez y, sobre eso, lógicamente, recurrieron al proceso.
 - En el grupo de Carla - ella, Sara y Alfonso discutían cómo encajar algo del Acetil-CoA porque podía ir en dos sitios - no cogí el sentido y el contenido pero sí cómo ellos discutían que podía ir en uno o en otro sitio → ¡jerarquía!

COU A:

- Dejo un rato, aproximadamente veinte minutos.
- Gloria está mal, sale porque se pone a llorar ← problemas personales y con el grupo: Bibiana ha hecho el trabajo sin decir nada a los demás.
- Se expone el mapa del grupo de Remedios ← para mi gusto, está flojo. Tengo las anotaciones en el propio mapa.
- Se ven desganados cuando exponen y cuando contestan. ¡¡No me ha gustado el resultado!!
- Se discute este mapa y se expone el del grupo de Amanda - ¡sólo da tiempo de eso!.
- Pongo nota de observación externa.
- Me he enfadado con Begoña y con Miguel porque no están trabajando nada.
- Hablo, al final, con Gloria.

7-2-97.

COU A:

- Se exponen y discuten los mapas que faltan. Las anotaciones las he hecho en los mismos mapas.
- Leandro está casi toda la hora y hace algunas intervenciones.
- Los mapas son muy pobres y superficiales. ¡No sé si han servido para algo! ¿Valió la pena? Algunas cosas sí que se han aclarado y se han discutido y eso se ha hecho en un contexto distendido; yo creo que esto permite caer en la cuenta de algunos errores, etc. Pero no estoy satisfecha con el resultado. ¡¡En fin!!
- No he pasado lista.
- Además, hoy han entrado alteradísimos - costó empezar a trabajar. ¿Tiene esto algo que ver? ¿Afecta al resultado? ¡Hoy empiezan los carnavales!
- En todo caso, creo que, por lo menos, les irán sonando los contenidos y habrán aprendido algo. ¡Ah! No anoto nada más; me estoy deprimiendo.

COU B:

- Hemos proyectado los tres mapas y se han discutido.
- Leandro estuvo un ratito.
- Estos tres mapas están mucho mejor que los cinco del otro COU. Aun así, tienen problemas, muestran lagunas, etc.
- No es que se hayan empeñado mucho, pero se han implicado más que los del COU A en la discusión.
- Yo no sé si está influyendo que tenemos vacaciones la próxima semana (carnavales) o que en una hora no da para mucho, pero hay algo que no me está gustando. No puedo dilatar las discusiones, no puedo empeñarme en solucionarlo todo y no me queda más remedio que ser ¡directiva! Pero por otro lado, veo que hay también cierta pobreza en la discusión (menos en este COU que en el otro).
- ¡Bah! Voy a comer; mucha filosofía para un solo día. ¿Estoy dudando de lo que hago? ¿Estoy dudando de que se pueda conseguir lo que supone mi tesis?
- Las anotaciones están en los propios mapas.

17-2-97.

COU A:

- V individual. ¡Yo sabía cuál iba a ser la respuesta! ¡No!, ¡vaya forma de recibirnos!, ¡pero si no hemos hecho nada en una semana!, ¿seguro que no lo calificas? ¿pero por qué hacemos esto?
- Paso lista.
- Gustavo y Álvaro no hacen más que reírse - ¡los demás les siguen! Es una risa nerviosa.
- Veo que se paran, que ponen cara de desconcierto, que intentan recordar algo,Pero, en líneas generales, se han puesto manos a la obra.

COU B:

- V individual. Han protestado bastante menos que COU A; pero también es cierto que ya lo sabían porque el otro curso se lo había dicho. De todos modos, este grupo es más tranquilo siempre.
- Paso lista.

18-2-97.

COU A:

- Entrego Proteínas y comento cómo se va a trabajar. Insisto en que el papel de los grupos es vital porque sólo tienen diez clases para hacer el tema. Yo estaré por los grupos.
- Dejo unos minutos. Discuten, sin los libros, la primera parte.
- Empiezo a discutir; a todo lo que me van diciendo yo pregunto cómo lo demuestran y cómo lo argumentan. Algunos se están poniendo nerviosos y ríen de manera compulsiva (Bibiana, Begoña, ...). Comento que para algunas de las cosas que afirman ya tienen las argumentaciones necesarias.
- Algunos me dicen que cómo yo no voy a saber eso; incluso me comentan que debería saberlo. Los llevo a poner tensos pues a todo le busco una pega. Al final, comento si lo que sabemos (que no es mucho y que no lo están relacionando con lo que ya se ha trabajado) responde de manera rigurosa a “qué son, cómo son, dónde están y cómo funcionan las Proteínas”; me dicen que no. Yo les digo que de eso se trata.
- Paso lista.
- ¡No me ha gustado la clase! ¿Razón? ¡No lo sé! Está claro que no estoy en buena hora pero no sé si es eso. Supongo que debí generar menos tensión en los niños. En fin, me voy a casa.

19-2-97.

COU B.

- Entrego Proteínas. Explico cómo lo vamos a hacer. Tenemos hasta el día siete de marzo de 1997.
- Ordeno las fotos mientras ellos trabajan la primera parte.
- Paso lista.
- La discusión de las primeras actividades ha sido extraordinariamente pobre. He tenido que preguntar varias veces: ¿no sabemos nada más? Además, me ha llamado la atención que no recuperan cosas ya trabajadas que guardan relación con las mismas como, por ejemplo, ribosomas, síntesis proteica, etc. Cuando se comentan, algunos dicen: ¡Ah, sí! pero muy pocos. Hay una enorme superficialidad.

- Comento que esto que hemos hecho define nuestro marco teórico de referencia, nuestro punto de partida; ¡y que es muy pobre!. Tenemos que llegar a explicar con rigor ¿qué son?, ¿cómo son?, ¿dónde están? Y ¿cómo funcionan las Proteínas?

20-2-97.

COU B:

- He tenido una fuerte discusión con Teodoro; según él, yo dudo de todo lo que él dice y no cree que yo explique la mitocondria justificando todo. No quiere reconocer que él está interesado y se descompone con todo lo que yo digo; empieza a divagar y a salir por peteneras y me dice que yo hace tiempo le falté al respeto cuando dije que sabía lo que él había preguntado a la Administración en relación con los niños que se fugan. Así, varias cosas más. Me ha costado veinte minutos relajarme y ahora me hace gracia. ¡Lo descompongo!
- Voy por los grupos. Veo que trabajan buscando definiciones. En los tres grupos comento que nos interesa como objetivo la célula, su estructura, su funcionamiento y que, como consecuencia, el comportamiento de los seres vivos pluricelulares. Tenemos que ver lo que representan las Proteínas en dicha estructura y funcionamiento. No nos conviene copiar sin reelaborar lo que ya sabemos.
- También he comentado que deben fijarse metas para cada clase y ver si las cubren; si no, se pierden.
- Pregunto cómo se han organizado en cada grupo:
 - Carla, Esteban, Sara, Alfonso: las actividades; les propongo que revisen qué contenido se trabaja en las mismas.
 - Pastor, Alejandro, Andrea, Yaiza, Sagrario: el guión. Pregunto si hacen juntos algunas actividades y Sagrario dice que eso que lo haga cada uno como quiera; Yaiza dice que no va a dar tiempo.
 - Constanza, Pascual, Genoveva, Yurma, Ángeles: también han empezado por el guión pero dice Constanza que aún no saben lo que van a hacer.
- Me voy paseando por los grupos y voy parando.
- En una de estas estaciones, recaló en el grupo de Alejandro, Pastor, Andrea, Sagrario, Yaiza; Alejandro dice que si son aminoácidos, tienen un grupo amina y un grupo carboxilo; eso ya lo hemos visto en Química. Y el grupo carboxilo es más importante. ¿Eso es cierto? (¡pregunta mía!) ¿Es más importante un grupo que otro? Alejandro: para nombrarlos sí; (M^a Luz): no podemos perder de vista nuestro objetivo que es la célula. ¿Biológicamente es más importante un grupo que otro? ¡Tendremos que nombrarlos de alguna manera! ¿Pero eso se relaciona con su papel biológico?. Pastor: tendrá que ser el amina más importante por la posición que ocupa. Andrea: no puede ser uno más importante que otro. M^a Luz: tendremos que solucionar este problema; buscamos información. ¡Ah! Alejandro dice que esto de trabajar así no funciona; le contesto que tendrán que hacer que funcione.

21-2-97.

COU A:

- Se empieza Proteínas.
- Llegan los niños del viaje para entregar las tarjetas de San Valentín. ¡Yo también tengo una!
- Voy por los grupos. Pregunto cómo se han organizado y, en casos poco eficaces, explico y sugiero otras formas.
- Paso lista.
- Voy otra vez por todos los grupos. Veo que están haciendo cosas de manera muy pasiva, copiando cosas de los libros, etc. En todos los grupos comento que lo que nos interesa es la estructura y el funcionamiento celular y por eso hemos tenido que recurrir a Proteínas.
 - El grupo de Bibiana, Jezabel y Gloria (Joel no está) está totalmente perdido y confunde los niveles de organización. Jezabel me dice que está viendo las propiedades y las funciones y me comenta las funciones de núcleo, ribosomas,
 - Óscar, Julia, Miguel y Virtudes leen cosas y quieren explicarse cosas pero dando saltos y con gran superficialidad.
- Leandro también está pasando por los grupos.

COU B:

- Paso por los grupos. Yo creo que están haciendo un trabajo mecánico, con poca implicación.
 - En el grupo de Alejandro, Pastor, Sagrario, Yaiza, Andrea pregunto si resolvieron el problema de los aminoácidos; buscaron información pero no han resuelto el conflicto.
- Me quedo un ratito al lado de todos los grupos; siguen trabajando. Sara, cuando llego, me dice: ¡Sí! tenemos que relacionarlo con la célula, ¡ya!. Sólo porque la miré y me resultó sorprendente (negativamente) que Carla estuviera dictando.
 - En el grupo de Constanza, Genoveva, Yurma, Ángeles y Pascual surge un problema: aminoácidos esenciales son veinte o son ocho/diez. Pascual dice: serán esenciales porque son fundamentales. Yo (M^a Luz) planteo si estarán usando “esencial” con significados distintos; entonces, tendremos que negociar significados. Siguen trabajando y me llaman; Constanza me pregunta si todos los aminoácidos son esenciales –se refiere a proteicos - y le digo que hay aminoácidos que no forman parte de proteínas. Me dice: entonces lo de esencial se refiere a eso; Genoveva dice: según este libro (McGraw) son esenciales los que hay que incorporar en la dieta. Pregunto (M^a Luz) si eso es un concepto que conocemos; Genoveva y Constanza se dan cuenta de que es vitamina. Decidimos dejar “esencial” para ese significado y cuando nos referimos a todos hablamos de proteicos.
- Pregunto a todos los grupos si han cubierto lo que tenían previsto para la clase de hoy. Comento que es importante esto porque así van reorganizando el ritmo de trabajo. En líneas generales, ha faltado poco por hacer de lo que tenían previsto.

24-2-97.

COU A:

- Empiezan a trabajar.
- Paso lista.
- Álvaro se ha enfadado muchísimo con sus compañeros de grupo porque no lo han puesto en las actividades que me entregaron para corregir (Amanda, Clara, Virginia, Marta).
- Voy de ronda.
- He pasado por todos los grupos. Hay una cosa curiosa: están trabajando y están hablando ¡¡bajito!! Esto es muy poco habitual en este grupo.
- Siguen haciendo lo que tienen previsto y no paran porque yo esté al lado.
 - Laura me pregunta una cosa de Lípidos
 - Yanira me dice que si la función biológica aparejada a la especificidad es la exclusividad. Digo que aprovechen más este argumento pero utilizando lo que ya hemos estudiado.
- En líneas generales, creo que están haciendo un trabajo muy mecánico; procuro hacer, en los grupos, alguna pregunta para razonar o relacionar. Por ejemplo: en el grupo de Álvaro, Marta, Amanda, Clara y Virginia dicen (¡dictan!) pH isoeléctrico de los aminoácidos; yo pregunto si esto no les suena, ¿no se relaciona con algo que hemos visto? ¡Ah! ¿cómo era lo del carácter anfótero de la membrana? ¿Por qué se dedujo que había Proteínas en la membrana? ¿tiene algo que ver esto con lo que han encontrado y están copiando?. También les comento que busquen relación entre propiedades de aminoácidos y de las Proteínas; puede que nos pase o como con Lípidos o como con Glúcidos.
- Sigo pasando por los grupos. ¡Y siguen trabajando!. Por lo menos, eso creo.

COU B:

- Comento, como en el otro grupo, que el examen del miércoles es a las cuatro horas. El jueves empezaré a hablar y entrevistar a los grupos.
- Trabajan ¡y están hablando alto!
- Paso lista.
- Voy de ronda. Me quedo al lado de cada grupo; siguen trabajando.
- Al rato, Alejandro (grupo con Pastor, Yaiza, Andrea, Sagrario) me dice: ¿otra vez tenemos que estudiar los transportes? ¿no los vimos en Lípidos? Sagrario dice que esto es muy complicado y me pregunta por qué no lo damos “normal”. Yo comento que nuestro objetivo es la célula; vamos avanzando, integrando nuevas cosas, retomando las

anteriores, ..., y así, comprenderemos la célula. Este grupo va desarrollando el guión y van por el punto nº 5.

- Esteban (grupo con Carla, Sara y Alfonso -¡también Elena!-) me dice que si la característica molecular de la función de reserva es carácter plástico. Alfonso y Sara me miran expectantes. Comento ese caso particular y me entienden la finalidad. Siguen trabajando.
- Siguen trabajando. Han bajado el ruido.
- Leandro y yo preparamos unas hojas grandes para 1º de BUP y comentamos problemas con lo de la LOGSE: tenemos que entrar en esto.
- Los grupos no han cubierto lo que tenían previsto. Los más cercanos a completar lo que querían hacer son los del primer grupo (Alejandro, Pastor, Sagrario, Andrea, Yaiza). El grupo de Pascual está muy despistado hoy. El grupo de Alfonso ha repartido el cuadro de funciones y se ha empantanado; Quizás, y se los comento, están profundizando más de lo necesario en este momento.

25-2-97.

COU A:

- ¡¡Están alteradísimos!!
- Voy por los grupos. Estoy un ratito en cada uno. Óscar me comenta algo sobre aminoácidos esenciales y tiene un error: \Rightarrow lo discutimos.
- En el grupo de Gustavo, Tais, Nieves y Yanira veo que están queriendo agotar el contenido con los cuadros y que, por no trabajar otros contenidos, están dejando lagunas. Les comento que se están dispersando demasiado y que deben pensar en cómo están trabajando.
- Oigo risas, muchas risas; cuando no es Gustavo, es Virginia; cuando no es Begoña, es Amanda; cuando no es Clara, es Loreto. Yo comprendo que es séptima hora y que mañana tenemos el examen de Lípidos. Pero este grupo siempre es más flojo, inferior, más infantil, más superficial, Los murales son un ejemplo evidente: hay una gran diferencia entre los de este grupo (¡¡muy flojos!!) y los de COU B. En el trabajo de ahora con Proteínas, en los grupos, también se nota una gran diferencia.
- En general, se hace un trabajo superficial, pasivo, de copia; no se tiene en cuenta que tratamos con células.
- Bibiana me pregunta si sólo tratan la desnaturalización en propiedades físicas. Yo contesto que no pero que, en todo caso, hablamos de células; nos interesa, entonces, ver qué tienen las Proteínas que molecularmente justifica sus propiedades y, consecuentemente, sus funciones; qué representa eso en una célula; por qué se habrán seleccionado, en el origen de la vida, estas moléculas.
- Vuelvo a ir de ronda.
 - Grupo de Óscar, Julia, Virtudes, Miguel: buscan sin ton ni son un ejemplo de polipéptido; cuando yo llego, comento que no le veo relevancia; hablamos y vemos que lo importante es el doble/simple enlace peptídico - cómo el C_{α} es el que tiene movilidad, qué ocurre con los radicales y su capacidad reactiva; por lo tanto, cómo se disipa la energía y cómo se organizan en estructura secundaria, terciaria y cuaternaria, en su caso. Comento que no hay proteínas funcionalmente activas en estructura primaria y muy pocas en secundaria y razonamos por qué. Yo creo que sólo Óscar me sigue en el razonamiento y me pregunta cosas; los demás miran, asienten pero creo que están ausentes. En un momento dado, Óscar me pregunta dónde está o reside la memoria, la inteligencia, la capacidad de pensar y se sorprende de que no se sepa. ¡Pero cómo con lo que se sabe de inteligencia artificial!
 - El grupo de Amanda, Virginia, Clara, Marta y Álvaro me pregunta por ejemplos de polipéptidos. Llamo a Óscar y le pido que comente esto con este grupo. ¡Sólo atienden Virginia y Amanda!. Este grupo ha perdido mucho tiempo hoy y así se lo hago saber.
- ¡Me voy a casa! . Son las 3,30 horas.

26-2-97.

COU A:

- Hoy cojo la clase de Matemáticas. Es un cambio del jueves pasado por un examen.
- ¡Están alterados!. Muchas risas, hablan alto, etc. Esta tarde es el examen de Lípidos.
- Voy de ronda.

- El grupo de Amanda, Marta, Virginia, Clara y Álvaro está perdido. Cuando llego, Marta me dice que no sabe qué es lo que tienen que buscar. Es una tontería: ¿primero clasificación o primero estructuras? Les comento que puede ser cualquiera de las dos soluciones si se justifica.
- En el grupo de Gustavo, Tais, Yanira, Nieves veo que van ahora siguiendo el guión pero que van bastante rápido, ¡incluso más que el resto de los grupos cuando empezaron!. Ellos llevan todas estas clases haciendo los cuadros y yo creo que esto les ha servido de mucho para tener una visión de conjunto. Así se los comento ¡y se quedan privados de contento!; les ha subido su autoestima.
- En el grupo de Loreto, Laura, Begoña, Remedios y Víctor veo que van, de manera muy pasiva, copiando cosas sin discutir las ni razonarlas; les hago un par de preguntas para forzarlos. Por ejemplo: ¿por qué no hay Proteínas que en estructura primaria sean biológicamente activas?
- El grupo de Julia, Virtudes, Miguel y Óscar ha pasado a los cuadros como aplicación de lo que hicieron ayer. Óscar me dice que los cuadros solos son insuficientes. Este grupo, como el de Loreto, quiere acabar el punto 4.
- El grupo de Bibiana, Jezabel, Gloria y Joel está trabajando en propiedades de Proteínas. También veo un trabajo muy superficial. Pregunto si hay relación entre las propiedades de los aminoácidos y las de Proteínas.
 - ¡Me duele la mano de escribir! No es tanto lo que he escrito pero me duele. ¡¡Decadencia física!!.
 - ¡Yo también le tengo mucho miedo a la decadencia física!
 - Ha bajado el nivel de ruido.
 - Vuelvo al grupo de Bibiana, ... : ¿han visto la relación de propiedades aminoácidos/Proteínas?. Bibiana: ¡no!; Jezabel: no sabemos. Yo les planteo que busquen propiedad por propiedad y vean si la tienen tanto unos como otras o si es diferente. Así podemos justificar con criterios estas propiedades.
 - Voy al grupo de Óscar; en ese momento, Óscar dice: la estructura primaria determina la especificidad de las proteínas. Julia dice: ¿cómo?; yo pregunto lo mismo y le pido a Óscar que lo justifique.
 - En el grupo de Loreto siguen haciendo un trabajo de copia. Pregunto qué relación tiene eso con lo que queda. Por ejemplo: copiar información de estructura secundaria α -hélice; yo pregunto: ¿qué estructura terciaria derivaría de una secundaria en α -hélice? ¿y qué estructura terciaria derivaría de β -lamina?
 - Vengo a anotar esto.
 - Tais me llama: ¿propiedades de aminoácidos? ¿es necesario? Les comento lo mismo que al grupo de Bibiana.
 - Viene Óscar con información sobre lo que le pregunté. Lo comentamos y se queda totalmente satisfecho. Le digo que prefiero que lo explique y no que lo copie del libro.
 - Sigo paseando y vuelvo al grupo de Bibiana. Pregunto si han encontrado algo de lo que les propuse; Jezabel dice que no porque cada uno va a lo suyo. Comento con ellos que es fundamental la interacción. Da la sensación de que trabajar con Bibiana es difícil porque no es el primer conflicto que veo en su grupo. Propongo cosas para resolver el problema del grupo.

COU B:

- ¡No están para nada! No quieren trabajar en Proteínas aunque lo hacen, lo intentan. Es lógico: dentro de dos horas se examinan conmigo de Lípidos. ¿Qué voy a pretender? No soy tan insensata ¡ni tan insensible!
- En el grupo de Alfonso, Sara, Carla y Esteban: Esteban me pregunta en qué reside la función de transporte; me comenta: “es por la especificidad”. Yo quiero que lo razonen más y pregunto ejemplos de proteínas relacionadas con transporte; Esteban dice hemoglobina, Sara, proteínas de membrana, Alfonso, proteínas de transporte electrónico. Vemos que hablamos de niveles distintos y que seguimos teniendo dificultades relativas a eso. Entienden qué razonamiento pretendo.
- Grupo de Pascual, Genoveva, Ángeles, Constanza, Yurma: Pascual me pregunta por qué hay que volver a ver mecanismos de transporte a través de membrana. Yo comento que nos interesa la célula y, por tanto, ver la globalidad; si para ello vemos lo mismo desde perspectivas diferentes, mejor conocimiento de la célula tendremos.
- Me llama Carla: estoy trabajando con función contráctil y en qué reside y estoy trabada. ¡Ah!, digo: ¿no tendrá que ver con el citoesqueleto? ¿No tendrá alguna

relación con las estructuras terciarias?. Lo mejor estudiado en este sentido es el músculo; sigue esa pista. Esteban me dice (en relación con el transporte): tiene que ver que sean globulares para transportar porque si son fibrosas son insolubles. Yo pregunto: ¿podrían ser solubles las proteínas que hicieran la contracción?. Hablamos de estructuras y su importancia pero no se están dando cuenta.

- Oigo múltiples risas del grupo de Pascual.
- Carla sigue trabajando y ¡trabajando!, buscando información; tengo que ayudarla un poco.
- Voy al grupo de Alejandro, Pastor, Yaiza, Sagrario, Andrea: insisto en que es importante pensar en cómo se produce una reacción para entender el papel que ejercen los enzimas. Comento que no aceleran sino que disminuyen la energía libre de activación de la reacción; por lo tanto, a veces ralentizan una ruta metabólica. Comento el alosterismo y les recuerdo que la célula es pura química, un montón de reacciones; por eso es importante tener claro cómo funcionan los enzimas -hasta nuestras sensaciones son reacciones químicas. Me miran con ganas de que los deje salir ya.

27-2-97.

COU B:

- Empiezo a pasar a limpio la entrevista del primer grupo (la hice en la hora del recreo).
- Me paseo por los tres grupos; doy un par de vueltas y veo que siguen trabajando de manera muy pasiva - copiando y viendo cómo completar la información. Yo no intervengo en esta ronda.
- Dos niñas me han dicho que tengo mala cara; la verdad es que estoy cansada. ¡¡No tengo ganas de “interactuar” con los enanos hoy!! ¿¿Y si hoy dejo a mis niños a su aire?? ¿qué podría pasar?
- Sigo copiando la entrevista.
- Vuelvo a dar “un paseo”.
- Sagrario (grupo de Alejandro, Andrea, Yaiza, - Pastor no está) me pregunta si hay que incluir los factores de las reacciones enzimáticas. Yo pregunto si tienen alguna influencia en el comportamiento de la célula. Alejandro me contesta que claro que influyen porque determinan el comportamiento de los enzimas; éstos, las reacciones, y las reacciones el comportamiento de la célula. Y yo contesto: ¡entonces, hay que tratarlos!.
- Sigo anotando la entrevista.
- Toca el final de la clase; pregunto a los tres grupos si han hecho hoy lo que esperaban y me dicen que sí.

COU A:

- ¡Me estoy poniendo de mal humor!. Y, además, Óscar entra ¡otra vez! tarde, cuando a él le da la gana.
- Me acerco al grupo de Remedios, Begoña, Laura, Víctor (Loreto no está) y pregunto si resolvieron lo que planteé ayer. Remedios me dice que no lo han tratado. Víctor (entre él y yo solamente) me pregunta algo sobre si la estructura terciaria aparece para ... ; yo insisto en que recuerde cómo y por qué se han seleccionado esas moléculas y le recuerdo, también, el papel del azar. Le comento que no aparecen o surgen moléculas para que hagan lo que nos interesa, sino que surgen y se comportan de una determinada manera, que interactúan con otras, etc.
- Me acerco al grupo de Óscar, Miguel, Julia y Virtudes. ¡Sólo me acerco!. Óscar me comenta un artículo de Muy Interesante.
- Vengo a anotar esto; se acerca Begoña y me pregunta qué es lo que les planteé ayer → se relaciona con estructuras proteicas pero no me atendieron.
- Mientras, oigo que hay una discusión relativa al funcionamiento del grupo, en el de Óscar. Oigo a Virtudes decir: “pues haz lo que te dé la gana”. No intervengo.
- Después de unos veinte minutos, baja muchísimo el ruido. ¡Es un gustazo!
- Vuelvo de ronda.
 - En el grupo de Jezabel, Joel, Bibiana, Gloria hoy, por lo menos durante un ratito, Jezabel y Joel están discutiendo; Bibiana y Gloria intervienen menos.
- Vuelve a subir mucho el volumen.
- ¡Hoy no me apetece “interactuar”!!.
- Me acerco al grupo de Amanda, Clara, Marta, Virginia y Álvaro y les planteo problemas o cuestiones abiertas sobre estructuras que deben resolver.

- ¡Ah!. Amanda me ha preguntado al empezar la clase si yo tengo la tesis; le he dicho que la estoy haciendo, que estoy empezando. Me ha dicho que la avise cuando lea. ¡No le he dicho, por supuesto, cuál es el tema!.
- Vuelvo de ronda. Al llegar al grupo de Remedios, me preguntan (a instancias mías) cómo resolver lo de las estructuras. Lo comento con ellos y ven cómo solucionarlo.
- Paso lista.
- ¡Desde mi sitio! ¡joteo el horizonte! Y ¡desde mi sitio! Aclaro al grupo de Gustavo, Tais, Nieves y Yanira el concepto de aminoácido esencial -¡hablando alto!. No tenía ganas de acercarme a su mesa.
- Vuelve a bajar el ruido considerablemente.
- Desde mi mesa veo que Laura y Remedios están discutiendo; tiene que ver algo con las Proteínas y con la inteligencia, pero no oigo. Begoña las mira y se ríe; Víctor no interviene.
- ¡Se acabó la clase! ¡Qué ganas tenía!

28-2-97.

COU B:

- ¡Sólo llego a esta clase! El otro COU lo dio Leandro; sus anotaciones están en la hoja anterior.
- Los niños se quejan de que haya venido pero se ponen a trabajar.
- Paso lista.
- Voy pasando por los grupos. Ellos siguen trabajando. Copian, dictan, discuten algunas cosas. Yo insisto en que voy a exigir que me justifiquen todo y si no hay debate, de modo natural, optaré por calificar esos debates -¡Digo esto para picarlos! No me gustaría que se empezaran a proyectar los mapas y que nadie interviniera.
- Oigo risas, veo desgana, ...; ¡Hace calor! y se habían hecho a la idea de que yo no venía.
- ¡Acaba la clase! Quedo con los grupos dos y tres para la entrevista del mural.

3-3-97.

COU A:

- Empiezan a trabajar.
- Comento que quedan cuatro clases y que el lunes tienen que estar hechos los mapas conceptuales.
- Laura y Loreto protestan: tenemos muchos exámenes; es imposible.
- Paso lista.
- Voy de ronda.
- Están hablando muy bajito y eso es rarísimo en este curso.
- En líneas generales, se están limitando a copiar; habitualmente uno del grupo lee y los demás copian. En algunas ocasiones, van a comprobar algo en los libros o discuten tímidamente alguna cuestión.
- Víctor (grupo de Loreto, Laura, Remedios, Begoña) va a lo suyo; las niñas también pero, por lo menos, se consultan algo. Están haciendo los cuadros pero de mala gana; Loreto pone cara de asco (es bastante prepotente). Cuando estoy anotando esto, veo que están otra vez hablando del sexo de los ángeles.
- Óscar le comenta a su grupo que no tiene cómo justificar la función contráctil y la función hormonal. Le comento que debe tener alguna relación con la estructura terciaria que tengan estas proteínas. En la conversación lo llevo a darse cuenta de que hablamos de citoesqueleto; comprueba su libreta y vemos que falta información. Busca los tipos de estructura terciaria.
- Begoña está manejando hoy un libro de preguntas de selectividad.
- He vuelto a dar un paseo y la cosa sigue igual. Clara me pregunta si una cubierta de secreción es siempre exterior a la membrana; contesto que me pudo haber preguntado eso antes del examen -¡Sí!; Bibiana me llama para ver a qué me refiero con catálisis enzimática; les hago varias preguntas cortas sobre el tema para que se den cuenta de las cosas que tenemos que resolver; Joel me dice si es todo lo que tienen que copiar; Bibiana se ríe y yo contesto que si sólo copian, lo llevan fatal.
- Cuando me acerco al grupo de Laura (tanto ella como Remedios han venido a preguntarme cosas puntuales sobre los cuadros) veo que están saltando de un cuadro a otro, que no terminan las cosas, que se pierden y cada uno hace algo distinto y, además, los he oído hablar de cosas ajenas al trabajo y reírse.
- Se acaba la clase en el mismo tono.

COU B:

- Se ponen a trabajar de manera autónoma. Recuerdo que quedan cuatro clases y que el lunes tendrá que estar hecho el mapa.
- Voy pasando la entrevista del grupo dos. Antes hice una ronda por los grupos.
- Leandro tiene desdoble; hablamos de distintas cosas.
- Sigo pasando la entrevista. (¡si no lo hago ahora, no voy a entender nada!).
- Voy de ronda otra vez. Algunos me hacen alguna cuestión irrelevante.
- Sigo con la entrevista.
- Leandro va por todos los grupos.

4-3-97.

COU A:

- Voy a dar una vuelta - ¡vista de pájaro!.
- La tónica de trabajo es la misma. Y yo, con el catarro que tengo, no estoy para mucho más.
- En el grupo de Loreto, Laura, Víctor, Remedios y Begoña discuten la actividad del SIDA. Loreto dice que no se margina y que, en todo caso, es porque son enfermos incurables. Yo le digo que los cancerosos también y no los aislamos. Sigue por ahí la discusión -Loreto quiere tener razón y no le gusta que le hagan evidentes sus contradicciones. Begoña y Víctor ni siquiera atienden a la discusión.
- Termino de copiar la entrevista del grupo cuatro.
- Vuelvo de ronda. En dos grupos me preguntan algo -¡irrelevante para la tesis! ¡creo!.
- Cojo nota de observación externa. Es séptima hora pero no están trabajando mal.
- Sigo paseando. Víctor me dice que no encuentra nada de ribosomas; le dejo el Berkaloff. Begoña trabaja en enzimas; le dejo material y pone mala cara. Supongo que se han dividido el guión.
- Álvaro me pregunta si ya es la hora. ¡Para mi también se ha hecho larguísima!
- Al pasar por el grupo de Óscar, pregunto una cosa sobre grupo prostético -¡oí mal! Él y Miguel lo aclaran. ¡Están atentos a lo que hacen!.

5-3-97.

COUB:

- Se ponen a trabajar. Yo voy a llevar las tijeras a su sitio y a comentar algo del examen de 1º de BUP con Leandro.
- Vuelvo a clase y decido no acercarme a los grupos hoy, mantenerme a distancia porque ¡¡estoy malita!! Tengo un catarro terrible y no me parece bien contagiar a los niños; además, ¡¡no tengo ganas!! No hago otra cosa que gastar kleenex y comer pastillas Valda. ¿Qué me recuerda esto? ¡Ah! Canela.
- Cojo nota de observación externa.
- Una vez terminada la clase, enseño los exámenes.

6-3-97.

COU B:

- Cambio de clase. Laboratorio 2.
- ¡Están alterados!. Hablan altísimo, juegan etc.
- Pascual me enseña unos apuntes de respuesta inmune para ver si están bien; son de su hermano -C. Sergio- curso pasado.
- Me acerco al grupo, una vez leídos, y comento que es insuficiente y por qué; aclaro qué es lo que nos interesa.
- Me siento en la mesa del profesor (¡Jesús M^a!) y termino de corregir la libreta de Sagrario.
- No voy a los grupos porque no tengo ganas y por el catarro que tengo. Los dejo trabajar a su aire y, de vez en cuando, llamo la atención por bromas.

COU A:

- Sigo en el laboratorio 2.
- Les digo que sólo quedan esta clase y la siguiente y, después, los mapas conceptuales. He visto bastante superficialidad y lagunas. Pido que hagan un esfuerzo mayor.
- Albert y Pili (1º E) están haciendo el examen. Como hay mucho ruido, pido a los de COU que bajen la voz y, por un ratito, me hacen caso.
- Me voy de ronda, pero no me quiero acercar demasiado por el catarro que tengo. ¡Tampoco creo que, con lo pasivo que es el trabajo que están haciendo, haya mucho que discutir en los grupos!.

- Paso por los grupos; ellos siguen. Se comenta cuándo vamos a hacer las entrevistas que quedan y otros temas.
- Cuando llego al grupo de Víctor, Begoña, Laura, Loreto y Remedios, veo que Víctor está con citoesqueleto y no con ribosomas, como me había pedido; le pregunto: ¿te tocó a ti también el citoesqueleto? Mira el guión y dice: aquí no entra el citoesqueleto; le digo: centriolos, cilios, flagelos, etc constituyen citoesqueleto y deberíamos saberlo desde el tema de Glúcidos. Laura está leyendo enzimas (mis apuntes) y pregunto si ella va a trabajar con Begoña. Comento que eso lleva mucho tiempo hecho y que hay que contrastarlo con libros; Loreto y Begoña ponen mala cara, resoplan y protestan.

7-3-97.

COU A:

- Es la última clase de trabajo de los grupos. El lunes tienen que estar hechos los mapas conceptuales. Quiero que se discutan tres el lunes y dos el martes.
- Paso lista.
- No tengo ganas de pasar por los grupos.
- Voy a desayunar (¡Hoy almuerzo a las cuatro horas!). Se queda Leandro con ellos.

COU B:

- Trabajan. Es la última clase para Proteínas; pero algunos han empezado a hacer el mapa conceptual.
- Alejandro me da unos apuntes que hizo para corregirlos. Estoy toda la clase revisándolos y no termino.
- No paseé.

10-3-97.

COU A:

- Se exponen y se discuten dos mapas; las discusiones figuran en sus carátulas.
- Ha habido discusión pero no todos se implican. Los mapas están siendo bastante complejos; hay poca selección de los contenidos; es la eterna batalla globalidad/detalle.
- No paso lista. Jesús M^a está un ratito dentro.

COU B:

- Se discute un mapa. ¡Tiene noventa conceptos!.
- Leandro y yo comentamos lo denso de este mapa conceptual. Insistimos en la importancia de seleccionar los conceptos.
- No paso lista.

11-3-97.

COU A:

- ¡Es séptima hora!.
- Están haciendo un examen de Matemáticas y van llegando poco a poco; me molesta pero no puedo hacer nada. Decido darles la autoevaluación.
- Se proyectan, explican y discuten dos mapas conceptuales. Las discusiones están en los propios mapas.

12-3-97.

COU B:

- Discutimos dos mapas, los que quedaban.
- Las discusiones están en los mismos mapas.

13-3-97.

COU B:

- Expongo y explico mi mapa. Se discute. Por ejemplo: Alejandro dice que no está ATP; tampoco está célula, se pueden hacer más conexiones, etc.
- Proyecto el mapa de un grupo del año pasado para criticarlo.
- Autoevaluación.

COU A:

- Se expone el mapa del último grupo.
- Pongo mi mapa y lo discutimos ← más bien lo comento porque no participan nada.
- Pongo el de un grupo del año pasado.
- ¡Se acaba la clase!.

14-3-97.

COU A:

- Tienen examen conmigo dentro de un rato.
- Dejo que hagan lo que quieran. Al mismo tiempo, corrijo libretas.

COU A y COU B:

- Examen de Proteínas a sexta y séptima hora.

17-3-97.

COU A:

- Pido que hagan la V de Proteínas en grupos. Incorporo vertiente afectiva y contexto.
- Sigo corrigiendo los exámenes. ¡Acabo!
- No paso lista.

COU B:

- Pongo notas en las fichas.
- Hacen la V de Proteínas ¡con sentir y contexto!.
- Paso lista.

18-3-97.

COU A:

- ¡Es séptima hora!.
- Ponemos tres V. Flojito y cuesta que entren en debate. Las discusiones están en las propias V.
- No paso lista, pero faltan Amanda, Loreto; ¡no sé si alguien más!. ¡Ah! Joel.

19-3-97.

COU B:

- Discutimos dos V. Tengo los comentarios en ellas mismas.
- Esto es decepcionante. ¿Qué estoy haciendo? Supongo que siempre pasa lo mismo a estas alturas. Además, hoy Ramón me ha dicho lo que piensa COUA. ¡Yo creo que lo único que pasa es que son unos vagos y muy limitados y quieren nota alta por cualquier cosa. De hecho, hay una gran diferencia con respecto a COU B en todo: trabajos, mapas, Vs, etc. ¡En fin! Estoy cansada, supongo que eso es todo.

20-3-97.

COU B:

- Discutimos la V que quedaba.
- Entrego la hoja de lo que recuerdan de las fotos. ¡Sobra tiempo!.

COU A:

- Discutimos las V (dos) que quedaban. Yo no tomé nota y pedí que Gustavo y Marta me cogieran la discusión.
- Antes, estuvimos discutiendo las fechas de examen.
- Entrego la hoja de recuerdo de las fotos. ¡Las hacen con mucha prisa!.

1-4-97.

COU A:

- Adelanto la hora de clase de séptima a quinta hora.
- Hacen el mapa conceptual de quince conceptos -individual.
- Ponen cara de asco; Víctor incluso comenta: ¡estoy hasta ...!, ¡estoy harto de mapas!.

2-4-97.

COU B:

- Hacen el mapa de los quince conceptos.
- Al mismo tiempo, ordeno Ácidos Nucleicos. ¡Lo que está hecho!.

3-4-97.

COU B:

- Entrego Ácidos Nucleicos. Hacemos torbellino de ideas. ¡¡Flojo!!.
- Explico el guión y la primera transparencia (antes pongo el mapa conceptual para que vean la complejidad del tema).
- Trabajan en A.3 (RNA).
- Protestan, se quejan: no está en los libros.
- Yo hablo con Damián -vino de visita.
- Pido que lean A.4 para mañana.

COU A:

- Entrego Ácidos Nucleicos.
- Proyecto: guión, mapa y explicación de los primeros conceptos.
- Antes de esta última transparencia, hago torbellino de ideas.
- Empiezan a trabajar en RNA y tuve que ayudarlos a pensar.
- Pido A.4 (leído) para mañana.

4-4-97.

COU A:

- ¡Lo he pasado mal en esta clase! ¡¡muy mal!! Le pedí a Álvaro que hiciera un dinucleótido cualquiera en la pizarra. Puso uno de los energéticos. A partir de ahí empiezo, a base de preguntas, a desgranar la secuencia de polinucleótidos. Pero lo que está en la pizarra tiene un enlace fosfato-fosfato. Hago como conclusión eso y ¡a Dios gracias! Leandro (que está en clase) dice que no está de acuerdo. Me doy cuenta del error y, ¡para salvar la situación! planteo por qué estos nucleótidos que son energéticos no intervienen en Ácidos Nucleicos. Surge que hay dos tipos de enlace distintos de los que uno es fosfodiéster - yo insisto en esto (enlaces, por qué se establecen, cómo se establecen, etc). Antes, al poner los ejemplos de nucleótidos energéticos, vuelvo a meter la pata: el NAD lo puse como mononucleótido y es un dinucleótido.
- Empiezo A.4 - ¡sólo el primer dato! y Óscar, después de preguntar varias veces, es el que contesta: hace una conclusión lógica y el resto son hipótesis, interpretaciones, ...; cuando le pregunto en qué datos las apoya, no me contesta pero no se da cuenta de lo que le planteo. Mientras tanto, todo el mundo está hablando bajito “de lo que sea”; incluso la expresión de Laura y de Loreto es de prepotencia -por supuesto no anotan nada. Recuerdo que este problema de delimitación de datos, hipótesis, ... lo tienen todos, pero siguen hablando. Me enfado y comento que a todos les interesa porque todos tienen esos problemas pero si hay alguien que está por encima del bien y del mal, que lo sepa todo, puede ahorrarse venir a clase. ¡Se acabó! Afortunadamente tocó el timbre. ¡¡Horror! Supongo que lo que pasa es que estoy insoportable hasta para mí; ya se lo comenté a Carmen esta mañana.
- Pasé lista y al final hablé con Óscar para aclararle lo que le planteaba; creo que me entendió.

COU B:

- Están todos.
- Batallamos con los enlaces que permiten la formación de nucleótidos y nucleósidos. ¡Esta vez no metí la pata!
- Comentamos brevemente A.4 - con prisas y fuera de tiempo de clase. ¡He abusado!. Quería mandar A.5 para casa. No sé si está bien o no haber desaprovechado el potencial de A.4.
- ¡Ah!. Me voy a casa. Espero que la semana próxima sea más grata.

7-4-97.

COU A:

- ¡¡No hay clase porque están en una conferencia!! Ya veré lo que hago para adelantar.

COU B:

- Dejo cinco minutos para que contrasten los textos en grupos. ¡Pero muchos no han hecho nada!.
- Paso lista.
- He insistido en la importancia de hacer lo que pido por día. Si no leemos los textos y hacemos las actividades, no nos enteramos, nos quedan lagunas.
- Trabajan en el DNA; yo hablo con Leandro.
- Pido que acaben, que lean lo de la novela y lo de entropía y que hagan A.7 → núcleo interfásico y en división.

8-4-97.

COU A:

- Adelanto la clase de séptima hora a quinta hora.
- Hacemos puesta en común de A.4 (datos de DNA). Surgen problemas de niveles de organización; nuevamente salta la liebre y tenemos dificultades para transferir el comportamiento de una célula al de un organismo pluricelular. Por ejemplo, Remedios: una neurona es más compleja que una célula epitelial; cuando pregunto si tiene más DNA (al hilo de uno de los datos) duda. Recuerdo uno de los principios de la Teoría Celular. Víctor dice: las neuronas no se dividen; por lo tanto, deben tener menos DNA. ← Óscar le dice que no se dividen porque no tienen centriolos. Además, no concuerda con lo que dice Remedios: más complicada, más DNA y no menos. Víctor dice, también, que las células neuronales no se nutren; insisto en esto: ¿puede haber células que no se nutran? Aclaro el papel de la glía en el cerebro. Óscar comenta que los glóbulos rojos no tienen núcleo; yo pregunto si no tienen, entonces, información o si

son células procariotas; pregunto si puede haber en un organismo células pro y eucariotas; qué pasaría, entonces, con la información. ¿Puede haber una célula sin información? Van dándose cuenta de todas estas cosas.

- Dejamos para la próxima clase la discusión de los textos, las estructuras primaria y secundaria y núcleo (A.6 y A.7).
- Paso lista.

10-4-97.

COU B:

- Hemos repasado estructura primaria y secundaria del DNA.
- Hemos discutido A.7 → núcleo y mitosis (incluyendo ciclo celular).
- Se ha leído y comentado el texto de Sageret (A.8).
- Me ha costado; he intervenido yo más de lo que pensaba y he tenido que preguntar hasta cuatro y cinco veces si tienen algo que decir, qué pueden comentar de lo que estamos viendo, etc. Están apáticos, callados, no intervienen, tienen una enorme desgana, Y este tema es apasionante y precioso; yo no entiendo qué pasa cada vez que llegamos a esto porque no veo explicación a que no le saquen partido; ¡bueno!. Mañana hay examen de Física; ayer de no sé qué, ... ¡En fin!
- Pido la actividad de Mendel hecha para mañana.

COU A:

- Discutimos estructura del DNA.
- Jesús M^a me llama (unos cinco minutos hablo con ella).
- Hacemos A.7. Yo intervengo bastante; pocos niños hablan; están apagados, etc. ¡Igual que el otro curso!, pero éste es más infantil y para todo cuesta más hablar y trabajar con ellos.
- Pido A.8 y A.9 para mañana.

11-4-97.

COU A:

- Comentamos A.8 (Sageret).
- Dejo unos minutos para que trabajen en grupos A.9. Al mismo tiempo me paseo por los grupos y veo que algunos no han hecho nada (Gustavo, Víctor, Joel, Miguel); Álvaro se confundió de texto; Loreto está ausente.
- Discutimos A.9; al final propongo la V comunitaria y reparto los elementos.
- Paso lista.

COU B:

- A pesar de que este grupo es mucho mejor, la discusión de A.9 ha sido diferente y más pobre. ¡Me ha llamado la atención esto!. He tenido que intervenir, por ejemplo, haciendo hincapié en paciencia, herencia continua/discontinua, etc.
- Reparto los elementos de la V y empiezan a trabajar..
- Paso lista.
- ¡Se acabó la clase!. Terminamos el lunes y A.10.

14-4-97.

COU A:

- Cada grupo va poniendo sus elementos en la V comunitaria.
- Expongo la de ordenador del curso pasado.
- Expongo la que acabamos de hacer.
- Se discuten. Se van aclarando conceptos (diferentes categorías del conocimiento).
- Expongo la mía. Se discute también.
- Pido A.10 y A.11 para mañana.
- No paso lista.

COU B:

- Cada grupo escribe su parte en la V.
- Expongo la del año pasado (en ordenador) y la discutimos. Surgió una discrepancia importante entre registro y dato en la que intervienen varios niños (Pascual, Yaiza, Alejandro, Sara) y Leandro.
- Proyecto la de este curso y la discutimos.
- Proyecto la mía - Leandro dice que efectivamente no es filosofía lo que yo he puesto. Alejandro me propone que ponga empirismo y racionalismo. Da tiempo de poco.
- Pido A.10 y A.11 para el miércoles.

- Paso lista.
- 15-4-97.
- COU A:
- Hemos discutido A.10 y A.11. En esta última actividad hicimos un debate sobre la xenofobia.
 - No paso lista.
 - Pido A.12 y A.13 para mañana. Antes, deben leer “La vida es una novela” y lo de entropía.
- 16-4-97.
- COU B:
- Adelanto la clase de sexta a tercera hora.
 - Hacemos la discusión de A.10 y A.11. Ésta última es la del debate de la xenofobia. Aquí me olvidé de comentar la anécdota de Einstein.
 - Empiezan a leer los textos que habían quedado: La vida es una novela y lo de Atkins.
 - Pido A.12 y A.13 para mañana.
 - Esteban comenta que cada pueblo desarrolla una inteligencia específica para lo que quiere resolver, para los problemas que enfrenta; por eso no hay razas superiores. Porque, dice, es como la evolución; se cambia para mejorar.
- 17-4-97.
- COU B:
- Voy al aula nº tres.
 - Dejo aproximadamente diez minutos para que contrasten sus opiniones y comenten lo que hizo cada uno.
 - Empezamos la puesta en común. ¡¡Floja!!, ¡¡muy floja!!. Pocos son los que han hecho algo y lo que han hecho es superficial e inconsistente. Hoy hay examen de Química.
 - Modelizo con rotuladores de colores lo que ocurre con los cromosomas. Vuelvo al ciclo celular para ver dónde y cuándo hay duplicación. Pregunto si es posible hacer sobrecruzamientos cuando los cromosomas están muy empaquetados, etc. Procuro retomar cosas de atrás.
 - Dejo aproximadamente quince minutos para que trabajen la meiosis ¡¡porque no lo han hecho!. Y comento que los libros de texto lo tienen pero los textos que yo dejé también. Insisto en que no podemos hacer los juegos sin saber esto.
- COU A:
- Dejo también en este grupo aproximadamente diez minutos. Es curioso porque empieza a haber un gran ruido; hablan alto y, de repente, el volumen baja.
 - Observo desde delante y me doy cuenta de que hay bastantes niños que discuten mirando su libreta, con lo que deduzco que algo han hecho.
 - Tampoco aquí han estudiado la meiosis. Yo explico varias cosas y ejemplifico con rotuladores. Pero, como siempre, aquí tardo más. No da tiempo de que empiecen a trabajar en clase. Incluso hay varios niños que se quedan a preguntarme dudas (Marta, Remedios, Álvaro, Laura, Loreto) - las dos últimas sólo escuchan.
 - Pido que estudien la meiosis para mañana.
- 18-4-97.
- COU A:
- Pongo la transparencia del mapa grande y repaso lo que hemos visto.
 - Pongo transparencias de meiosis y pido que me las expliquen. ¡Flojo!. Gustavo y Marta explican algo y Laura pregunta algunas cosas relacionadas con los cromosomas - ella pensaba que se verían y estaban en esa forma siempre.
 - Pongo transparencia de excepciones a las leyes de Mendel.
 - Sólo empiezo la herencia del sexo. ¡No dio tiempo de más!.
 - No pasé lista y no pedí nada para el lunes ¡porque me despisté!.
- COU B:
- Hago lo mismo que en el otro COU. Pero esta vez ellos han estado totalmente callados; sólo he hablado yo.
 - Pido que miren un poquito esto para el lunes.
 - No paso lista.
- 21-4-97.
- COU A:
- No paso lista.

- Explico herencia del sexo, influida y ligada. Uso las transparencias y hablo casi sólo yo. ¡Debería preparar más esto!.

COU B:

- Explico lo mismo que en COU A.
- Empiezan a leer el juego de las judías pero prácticamente no da tiempo de nada.
- Paso lista.

22-4-97.

COU A:

- Empezamos con el juego de las judías. Les he dicho que no nos vamos hasta que terminemos el del alienígena.
- Paso por todos los grupos. A todos les tengo que explicar cosas y tengo que orientar lo que hacen. ¡Es el primer juego y no puedo pedir más!. Pero la verdad es que se está aplicando lo estudiado con una gran pobreza.
- Trabajan en los juegos de judías ¡pero no da tiempo de acabar!.
- Pasan diez minutos y siguen; yo paro la clase. Pido que acaben y que hagan también el alienígena.
- No paso lista.

23-4-97.

COU B:

- Trabajan en el juego de las judías. Paso por los grupos. Tienen dificultades y los ayudo: no saben cómo hacerlo, qué hay que hacer, etc. Les doy pistas e incluso propongo problemas ¡complicados!.
- Por fin se hace el intercambio de problemas. Empiezan a batallar. Aproximadamente quedan diez minutos.
- Es sexta hora; ha tocado el timbre y todos los grupos siguen trabajando y discutiendo.
- Comento que vamos diez minutos por encima del toque de timbre y que si quieren, espero. Para mañana tienen que traer hecho el del alienígena.
- Varios siguen discutiendo.

24-4-97.

COU B:

- Dejo unos minutos para que comenten el problema de las judías y si han encontrado una solución.
- Pido a cada grupo que me dé una hoja con los problemas que han hecho. Entrego a cada grupo la hoja del que están resolviendo.
- Los comentan brevemente.
- Discutimos (¡es mucho decir!) el problema del alienígena. El resultado ha sido flojo; no le han sacado partido a esto. Les pido que se fijen más.
- Empezamos con “cruza personas”. Se van dando cuenta de cómo funciona la meiosis. No da tiempo de acabar. Yo voy corriendo por los tres grupos y ¡acabo tiesa y asfixiada!. Planteo que mañana dedicaremos unos minutos a esto y después explico materia nueva.
- No sé cómo he sido capaz de dar clase porque he tenido un problema serio con Teodoro (...) en el recreo; me ha amenazado con que me va a obligar a venir el viernes o el sábado a recibir a la madre de Óscar. Ayer me dijo que esta señora vendría el viernes a hablar conmigo a tercera hora - yo le dije que no porque tengo guardia. Noté enseguida que no le gustó. Hoy ha venido a hablar conmigo en un tono insultante y a decirme que hace uso de la legalidad al obligarme a recibir a esta señora por la tarde o el sábado.

COU A:

- Entrego a cada grupo la solución del problema que estaban resolviendo. (¡en que me lo pasan al folio, tardan!).
- Comentamos el alienígena. → ¡flojo también aquí!.
- Empezamos con cruza de personas. ¡Sólo da tiempo de que cada grupo haga sus individuos!.
- No paso lista.

25-4-97.

COU A:

- Yo estoy durante quince o veinte minutos. Empezamos con los juegos de cruza de personas - ya cambiados en los grupos. Tienen que hacer hipótesis sobre el genotipo y después formar gametos (meiosis) y hacer los individuos (con el azar).

- Se quedan con Leandro.

COU B:

- Llego a los veinte/veinticinco últimos minutos. Vengo de la Coordinación de COU.
- Han hecho los individuos.
- Comentamos para qué ha servido este juego → no hay ningún entusiasmo. Sigo preguntando si ha aclarado algo y no me contestan. Inquiero a unos cuantos y me van diciendo: Sara (se entiende la meiosis); Andrea - el azar; Alejandro: yo no entendí nada cuando pusiste las transparencias pero esto de la genética, después de los juegos, es fácil.
- Comento qué han aportado los tres juegos - ¡pregunto!. Tampoco hay gran alegría. Pero, al final, dicen que ha merecido la pena.
- Comento que explicaré mutaciones el lunes y que empiecen aquí ¡y traigan hecho! lo de código genético.
- ¡Se acabó!. Voy a ver qué quiere Teodoro (...) - ¡me ha citado!.

28-4-97.

COU A:

- Repaso herencia intermedia y codominancia (transparencia) y la de recombinación para resituar mutación.
- Explico mutación con la transparencia.
- Al final, no da tiempo de los textos de ingeniería genética y de código genético. ¡Antes éstos! y pedí que los leyeran. Pido que lo hagan para mañana.
- Observación externa.

COU B:

- Explico lo mismo que en COU A. Pero estos niños ya habían visto estas transparencias y en el otro COU me había olvidado.
- Pasamos a código genético - ¡flojo!. Intervienen poco y con dificultad. (Andrea hace un resumen; Alejandro lo completa). También habla Sagrario que dice que no entiende el segundo código genético; Alejandro lo explica como él lo entendió.
- Pido que hagan los textos - ¡todos! - para el miércoles.
- Observación externa.

29-4-97.

COU A:

- Hacemos puesta en común de código genético - ¡tengo que recordarles la síntesis proteica! - y pido que vuelvan a leer los textos y que la repasen.
- Pasamos a ingeniería genética y sus implicaciones sociales.
- Pido que lean los textos de mujeres.
- No paso lista.
- Discutimos los textos de R. Franklin y B. Maclintosh.
- Pido A.22 - A.24 para el viernes y comento lo que voy a hacer el viernes y la semana próxima.

30-4-97.

COU B:

- Discutimos los textos periodísticos y la ingeniería genética.
- Pasamos a la discriminación de la mujer y el curioso caso de Bárbara Maclintosh ← no interesó en su momento su trabajo; le pasó lo mismo que a Mendel.
- Pasamos a A.22, A.23, A.24. Trabajan aproximadamente diez/quince minutos. Pido que lo trabajen ¡bien!, profundamente, para el viernes. Pueden aprovechar lo que han estudiado en 3º de BUP.
- Mientras ellos trabajan, voy paseando por los grupos; están relajados, van buscando información en los libros; no se plantean problemas. Tampoco oigo referencias explícitas a la célula.
- Paso lista.

2-5-97.

COU A:

- No paso lista. ¿O sí? ¡¡Sí pasé lista!! Debe ser cuestión de decadencia intelectual.
- Discutimos A.22, A.23 y A.24. Voy relacionando con lo que ya vimos de herencia del sexo.
- Explico (¡brevemente!) los ciclos biológicos.
- Pido que estudien algo para poder hacer los problemas el lunes.

- COU B:
- Dejo aproximadamente diez/quince minutos para que comparen en grupos lo que tienen.
 - Empezamos a hablar: ¡cuesta!. Cometamos reproducción, tipos, ventajas e inconvenientes, etc. Se recuerdan las gametogénesis y yo hago una síntesis. Explico los ciclos biológicos. Explico brevemente partenogénesis ← ¡ojo! - me faltó en COU A.
 - Paso lista.
- 5-5-97.
- COU A:
- De entrada, sin previo aviso, hago problemas de genética; la verdad es que los primeros son cuestiones. Hacemos doce -el último no se revisó (sólo se puso en la pizarra).
 - No paso lista.
 - A veces se ofuscan y se traban pero, en líneas generales, no fue mal.
 - Antes de empezar, comento que el mapa tiene que venir hecho el jueves. ¡Algunos se enfadan!.
- COU B:
- Hacemos trece problemas. Tengo asignados a distintas personas varios problemas - hasta el nº veintiuno.
 - No paso lista.
 - Leandro estaba en clase. Trabaja un rato con Yurma. (¡creo que cuando ella explicaba el problema - yo metí la pata!).
- 6-5-97.
- COUA:
- Hacemos problemas de genética - diez en la hora de clase y dos al final - pasada de horario.
 - Cuando digo que quiero acabar los dos problemas asignados, algunos ponen mala cara. Comento que o se hacen ahora o no se hacen y que yo espero con los que quieran; Loreto y Begoña salen corriendo. Algunos más van saliendo. Al final, se han quedado diez niños.
 - No paso lista.
- 7-5-97.
- COU B:
- Problemas de genética. Se hacen catorce y quedan tres más sin explicar pero ya planteados.
 - No paso lista
- 8-5-97.
- COU B:
- Se discuten en profundidad ¡y con pasión! dos mapas y el tercero se explica pero no da tiempo de discutirlo.
 - Los tres grupos han traído el mapa ya trabajado: dos de ellos ya me habían dado el mapa ayer y el tercero sólo estaba pendiente de pasarlo a la transparencia.
 - Están todos los niños en clase.
 - La discusión figura en los propios mapas.
- COU A:
- ¡Estoy enfadada!. Sólo un grupo (Loreto, Remedios, Laura) ha traído hecho el mapa. Otro (Marta, Amanda, Clara, Virginia y Álvaro) lo está pasando a la transparencia.
 - Los otros tres grupos han venido ¡sin hacer nada!. ¡Claro! Después nos sorprendemos de los resultados tan distintos en uno y otro grupo. ¡¡Si es que no hay color!! ¡Estos niños no tienen ningún interés!.
 - ¡Me he enfadado!. Se han expuesto dos mapas ¡muy superficiales! y, al final, ¡nada!.
 - Me he quedado un ratito más.
 - ¡Y sólo me han dado tres libretas cuando he pedido cuatro!.
- 9-5-97.
- COU A:
- Hoy hay horario especial - clases más cortas.
 - Proyectamos los tres mapas que quedaron pendientes. Siguen siendo superficiales y con grandes problemas. Lo he comentado.
 - No paso lista.
 - Comento que a sexta hora voy a proyectar con el otro COU otras transparencias -¡si quieren, pueden venir!.

COU B:

- Discutimos el mapa que queda.
- Proyecto las transparencias del curso de evolución.
- ¡Se acabó este tema!
- El lunes – examen.

12-5-97.

COU A:

- Examen Ácidos Nucleicos. (ambos COUs) Esta hora y recreo.
- De modo generalizado, han protestado por falta de tiempo.

COU B:

- Hacemos la interpretación del símil de la fábrica en quince minutos; les ha sobrado tiempo. Sara me ha dicho que con este tiempo es suficiente.
- El resto de la clase y la próxima para hacer un póster de la célula (estructura y funcionamiento).
- Alejandro y Genoveva me preguntan por el tamaño; contesto que una cartulina. Al ratito, y en voz alta, me dicen que debería no valer que se hagan “libritos”. Yo comento que debemos evitar los problemas de las ocasiones anteriores y les recuerdo los criterios de evaluación de los trabajos.
- Paso por los grupos:
 - Sara, Sagrario, Pastor y Esteban: ¡bastante perdidos!. No han empezado ni a pensar.
 - Carla, Genoveva, Alfonso y Alejandro: cuando me acerco, me preguntan si puede ser una V. Alejandro me dice si pueden incluir modificaciones a la V, por ejemplo, con el dominio gráfico o fotográfico. Le pregunto si eso no sería registros o datos. Les propongo que hagan un pequeño mapa en conceptos y me dicen que ya lo habían pensado.
 - Constanza, Andrea, Ángeles y Pascual: están discutiendo mucho y esquematizando algo sobre un folio.
- Vuelvo a pasar por los grupos:
 - En el de Constanza veo que están poniendo estructuras y procesos. Constanza me dice que han pensado hacer composición, estructura y lo que hace cada orgánulo. Yo les pregunto si la suma de todo esto es la célula - su composición, su estructura y su función. Constanza y Pascual se quedan pensando.
 - El grupo de Alfonso: Carla me dice que no puede ver, ¡no se puede ver!.
 - Este grupo (Pastor, ...) ya ha empezado a trabajar.

13-5-97.

COU A:

- La interpretación del dibujo. (¡me faltan Marta y Virtudes!).
- ¡Han tardado aproximadamente diez minutos más que el otro grupo!
- Dejo el resto del tiempo para el póster de célula. Óscar protesta y dice que si ahora hay que hacer eso. Le contesto que no le corresponde opinar sobre lo que es mi decisión y responsabilidad. Para no quitarles tiempo, asigno clases de Biología para hacerlo.
- Los tres que tienen examen de CNA de pendientes, se van.
- Voy por todos los grupos. Los planteamientos son más pobres que en el otro grupo.
- No particularizo pero, en general, todos están empezando por lo mismo: orgánulos para poner su estructura y su función. Les comento, grupo por grupo, que el objeto del póster es la célula, su estructura y su funcionamiento. ¿Es la célula la suma de lo que están diciendo?
 - Óscar: no; hay relaciones. Si elijo una molécula y la voy haciendo pasar por los distintos orgánulos, tengo lo que hace una célula. Yo le pregunto si la célula es sólo reacciones químicas.
 - Bibiana: no es sólo la suma; son relaciones. Es una estructura dinámica. Yo les digo (a ella, Julia y Gloria) que se trata de plasmar en una imagen estática una estructura que, según me dicen, es dinámica.
- Voy de ronda otra vez. Nada especial ni significativo.

14-5-97.

COU B:

- Me voy paseando por los grupos. Todos se ha reunido una o las dos tardes.

- El grupo de Constanza, Andrea, Ángeles, Yaiza y Pascual: se reunieron ayer aproximadamente cuatro o cinco horas. Cada uno hacía la síntesis de una parte y ayer en la reunión para dibujar.
- El grupo de Genoveva, Carla, Alfonso y Alejandro: se reunieron las dos tardes y ayer a sexta hora. Han discutido mucho porque, según Alejandro y todos asentían, tuvimos que repasarlo todo y hemos discutido mucho.
- El grupo de Sara, Sagrario, Yurma, Esteban y Pastor: se reunieron ayer. El dibujo es un puzzle y eso es intencional. Ha habido, según dice Esteban, muchas discusiones.
- Sigo pasando por los grupos. ¡Me encuentro muy cómoda con estos niños! ¡muy a gusto!.
- Alejandro se niega a reconocer, por orgullo, que la V es eficaz. ¡Le ha gustado hacerla!.
- Los grupos de Pascual y Pastor necesitan un poquito más de tiempo.

15-5-97.

COU B:

- Explico Bacterias y Virus. Al final, recuerdo la respuesta inmune.
- Están todos.

COU A:

- Trabajan en los pósters. Algunos están bastante flojitos.
- Bibiana, cuando me acerco a su grupo, me dice que querían interrelacionarlo todo pero que no pudieron porque no había tiempo; optaron por poner distintos orgánulos y en el texto - la relación.

16-5-97.

COU A:

- Explico virus y bacterias. Lo hago con las transparencias, como en COU B, y me hacen algunas preguntas.

COU B:

- Tengo que esperar mucho tiempo porque están haciendo un examen de Filosofía.
- Proyecto las jerarquías conceptuales - mapa con superposición. No me comentan nada.
- Entrego la hoja para que me dibujen la célula.

19-5-97.

COU A:

- Hago la síntesis final; voy superponiendo los mapas. Al final, pregunto qué les parece; nadie dice nada. Pregunto si es una buena síntesis, si se refleja el curso y Remedios asiente con cara de asombro.
- Entrego la hoja para que hagan el dibujo. Hay tiempo suficiente.
- Mientras tanto, paso lista. Faltan Virtudes y Virginia.

COU B:

- Comento que me han felicitado por la presentación de los pósters.
- También les digo que no voy a hacer el examen el viernes. Entra ese contenido en selectividad pero yo no lo voy a examinar porque entiendo que están muy cansados, que están agobiados y que han trabajado.
- Entrego la hoja para que hagan el mapa conceptual. Me preguntan si lo explican y al principio digo que no pero luego les digo que sí - brevemente.
- Voy de ronda para ver qué están haciendo.
- Han protestado al principio pero como les quité el examen, se acabó enseguida con la bronca. Les he dicho que me interesa compararlo con los anteriores para ver la evolución y lo han entendido.
- Al hacer la ronda, he visto que hay algunos niños haciendo mapas que tienen como referencia lo último que proyecté. ¡Me ha llamado la atención! ¿Hasta qué punto me van a valer o servir estos mapas?

21-5-97.

COU A:

- Doy clase hoy por cambio de la clase de ayer (examen de Matemáticas).
- Les digo que no voy a hacer el examen de Ecología.
- Entrego lo del mapa. ¡Protestan! pero lo hacen. Mientras tanto, yo voy paseando por los grupos - las mesas -. Veo que algunos usan como ejemplo los míos.

COU B:

- ¡La V! Protestan muchísimo. ¡Yo lo sabía!.

- Me falta Constanza.
- Sara se enfada (¡en broma!) y me dice: ¡Ah! ¿y sin vertiente afectiva? ¡Nooo! Yo quiero poner lo que pienso y lo que siento. Le contesto que si quiere, me lo puede poner por detrás.
- Mientras COU A esta mañana hacía sus mapas conceptuales y yo me paseaba entre ellos, me dio por fijarme en sus caras y por pensar qué diablos puede estar pasando en sus cabezas mientras están haciéndolos; ¡Es un auténtico misterio! ¿Qué hacen? ¿Cómo y por qué plasman en el papel lo que plasman? Algunos se quedan con la mirada perdida, recordando, pensando ← incluso en estos momentos ¿Qué es lo que ocurre? ¿Qué pasa en sus cabezas? ¿Y en la mía?. Ahora, cuando estos niños están haciendo la V, me pasa lo mismo, me asaltan los mismos problemas. ¡¡Y esto me ocurre hoy, cuando ayer estuve más de una hora hablando de neuronas con un experto de la Universidad! ¿Tenemos que esperar a que los fisiólogos y neurólogos se aclaren para entender los procesos de aprendizaje? ¡De ninguna manera! Eso es imposible. Algo se tendrá que poder hacer.

22-5-97.

COU B:

- Empiezo con la Ecología. ¡Tienen muy pocas ganas! ¡¡Y yo también!!.
- Paso lista.
- ¡Con una total desgana!, vamos avanzando en el tema (Flujos de materia y energía de los ecosistemas → ¡1º de BUP!).

COU A:

- La primera parte de la clase se dedica a contestar una encuesta en grupo, que tiene Laura, de una visita al hospital universitario.
- Después hacen la V. Las protestas son muchas. Lo que más me ha llamado la atención es que a estas alturas, y después de hacer las que hemos hecho y discutido, me pregunten qué son datos, transformaciones, principios, ... , qué ponen, etc. ¡Me ha sorprendido negativamente!. ¿Qué puedo pensar? ¿Qué me voy a encontrar cuando las lea?
- Me faltaron tres niños (Virtudes, Óscar y Loreto).

23-5-97.

COU A:

- Explico primera parte de Ecología.

COU B:

- Acabo Ecología.

26-5-97.

COU B:

- Trabajan un ratito en el test.
- Se hace autoevaluación.
- Leemos el BOC y vemos que se ha dado el programa. Sara dice que hemos estado por encima del programa; Pastor dice que ni por encima ni por debajo.

27-5-97.

COU A:

- Termino de explicar lo de Ecología.
- Entrego las cuestiones de test y empezamos a contestarlas; antes, dejé que durante unos ocho o diez minutos empezaran ellos, por grupos, a trabajarlas.
- No da tiempo de acabar. ¡Tendré que terminar mañana!.
- Observación externa.

28-5-97.

COU A:

- Acabamos ¡con muy pocas ganas! las cuestiones de test de Ecología.
- Paso la autoevaluación.
- Paso la hoja de evaluación del docente – la que es anónima.

Evaluación de trabajo docente.

Como ya se ha comentado, con objeto de evaluar el trabajo docente, se cumplimentó un cuestionario de manera anónima por parte del alumnado. Los resultados medios totales, medios de cada grupo y de alumnas/alumnos se exponen en la siguiente tabla.

Esta encuesta tiene la finalidad de evaluar distintos aspectos del trabajo docente desarrollado durante el curso. Para ello, deberás puntuar de 0 a 10 cada una de las frases que se presentan a continuación. Como habrás observado, se trata de un cuestionario totalmente anónimo. Si quieres, puedes añadir todos los comentarios que consideres oportunos para mejorar la labor o las clases en cursos próximos; tu colaboración es muy importante para ello y, por eso, te la agradecemos.

Items	Media total	Media COU A	Media COU B	Media Alumnas	Media Alumnos
1.- Trata por igual a las alumnas y a los alumnos.	5,18	5,32	4,91	5,17	5,20
2.- Conoce y domina la materia que enseña.	9,15	9,18	9,09	9,39	8,60
3.-Tiene en cuenta los resultados de la evaluación.	7,52	7,55	7,45	7,22	8,20
4.- Tiene comportamientos personales que contribuyen a que se estudie su asignatura más eficazmente y más a gusto.	6,30	5,68	7,55	6,22	6,50
5.- Su enseñanza no es sólo de contenidos, sino que se centra también en aspectos metodológicos importantes.	7,70	7,55	8	7,78	7,50
6.- Demuestra interés por su materia y por la enseñanza.	9,25	9,29	9,18	9,50	8,70
7.- Tiene en cuenta las ideas previas de su alumnado.	6,79	6,18	8	6,96	6,40
8.- Se prepara las clases.	8,76	8,59	9,09	8,83	8,60
9.- Sabe crear y mantener un buen ambiente de trabajo en clase.	7,70	7,32	8,45	7,78	7,50
10.- Se esfuerza por conocer personalmente a todo su alumnado.	7,39	7,18	7,82	7,43	7,30
11.- Hace sus clases activas y participativas.	7,76	7,55	8,18	7,87	7,50
12.- Explica con claridad.	6,88	6,18	8,27	7,22	6,10
13.- Utiliza didácticamente la historia de la ciencia.	7,39	7,50	7,18	7,70	6,70
14.- Propone trabajos prácticos como pequeñas investigaciones.	6,85	6,86	6,82	7,09	6,30
15.- Se asegura de que sus alumnos dominan los conocimientos y habilidades necesarios antes de abordar un tema nuevo o tareas más complejas.	7,15	7,05	7,36	7,70	5,90
16.- Insiste en que se analicen siempre los resultados.	7,88	7,73	8,18	8,13	7,30
17.- En su asignatura se sigue un hilo conductor claro.	7,67	7,59	7,82	8,13	6,60
18.- Tiene en cuenta aspectos sociales de la ciencia.	7,79	7,77	7,82	8,09	7,10
19.- Antes de comenzar propiamente el estudio de un tema, sabe motivar al alumnado hacia el mismo.	6,48	6,05	7,36	6,83	5,70
20.- Dedicar tiempo suficiente para que sus alumnos manejen y asimilen los nuevos conocimientos a medida que éstos se van introduciendo.	6,12	5,77	6,82	6,39	5,50
21.- Propone actividades de síntesis, recapitulación, etc.	8,55	8,55	8,55	9,04	7,40
22.- Sabe dirigir el trabajo en grupo de su alumnado.	7,97	7,82	8,27	8,26	7,30
23.- Enseña a resolver problemas.	7,12	6,95	7,45	7,43	6,40
24.- Valora todo el trabajo realizado y enseña a guardarlo de forma ordenada.	7,27	7,32	7,18	7,52	6,70
25.- Consigue que los alumnos se den cuenta de lo que van aprendiendo.	7,64	7,50	7,91	7,74	7,40
26.- Sabe despertar nuevos intereses en el alumnado.	6,76	6,45	7,36	6,96	6,30
27.- Justifica los contenidos que se tratan.	7,33	7,23	7,55	7,57	6,80
28.- Prepara previamente las pruebas o exámenes globales.	8,03	8,14	7,82	8,61	6,70
29.- Realiza una corrección pública de los exámenes.	5,55	5,27	6,09	6,04	4,40
30.- No ignora al alumnado que va mal en la asignatura.	6,97	6,59	7,73	7,04	6,80

ANEXO N° 3:
FUENTES DE DATOS

NOMBRE :

GRUPO :

FECHA :

N°

1.- ¿Qué interés tiene estudiar la célula para ti?

2.- ¿Cómo podemos representar una célula ? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma ?

3.- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos ?

- a :

- b :

- c :

¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona ?

- a :

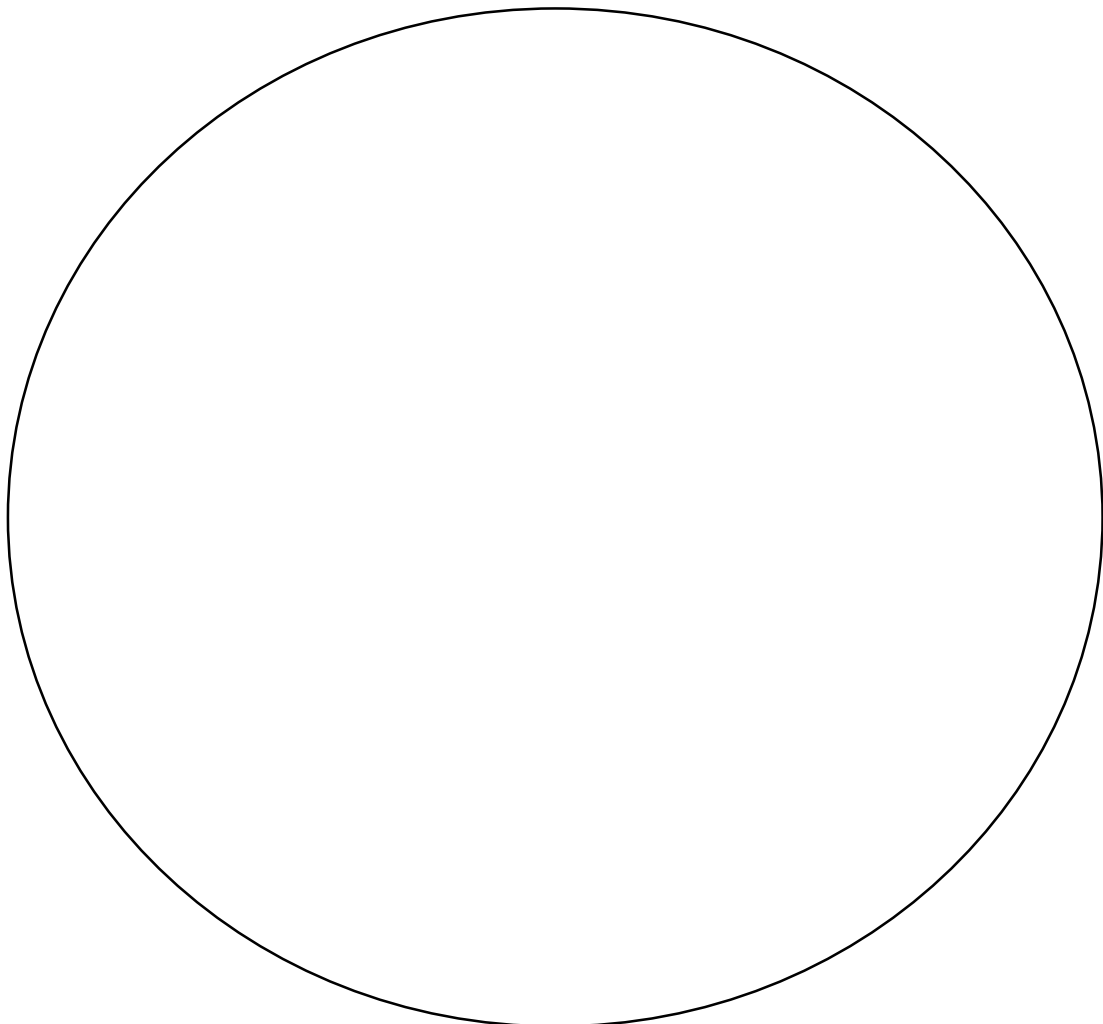
- b :

- c :

¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona ?

4.- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo ? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula ? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula ?

5.- Si lo siguiente fuera una célula ¿qué pondrías dentro ?



6.- Aprovecha este espacio para explicar el funcionamiento que tú crees que tiene una célula.

NOMBRE :

Nº :

GRUPO :

FECHA :

Haz un mapa conceptual que exprese lo que sabes sobre la estructura y el funcionamiento de la célula.

NOMBRE :

N° :

GRUPO :

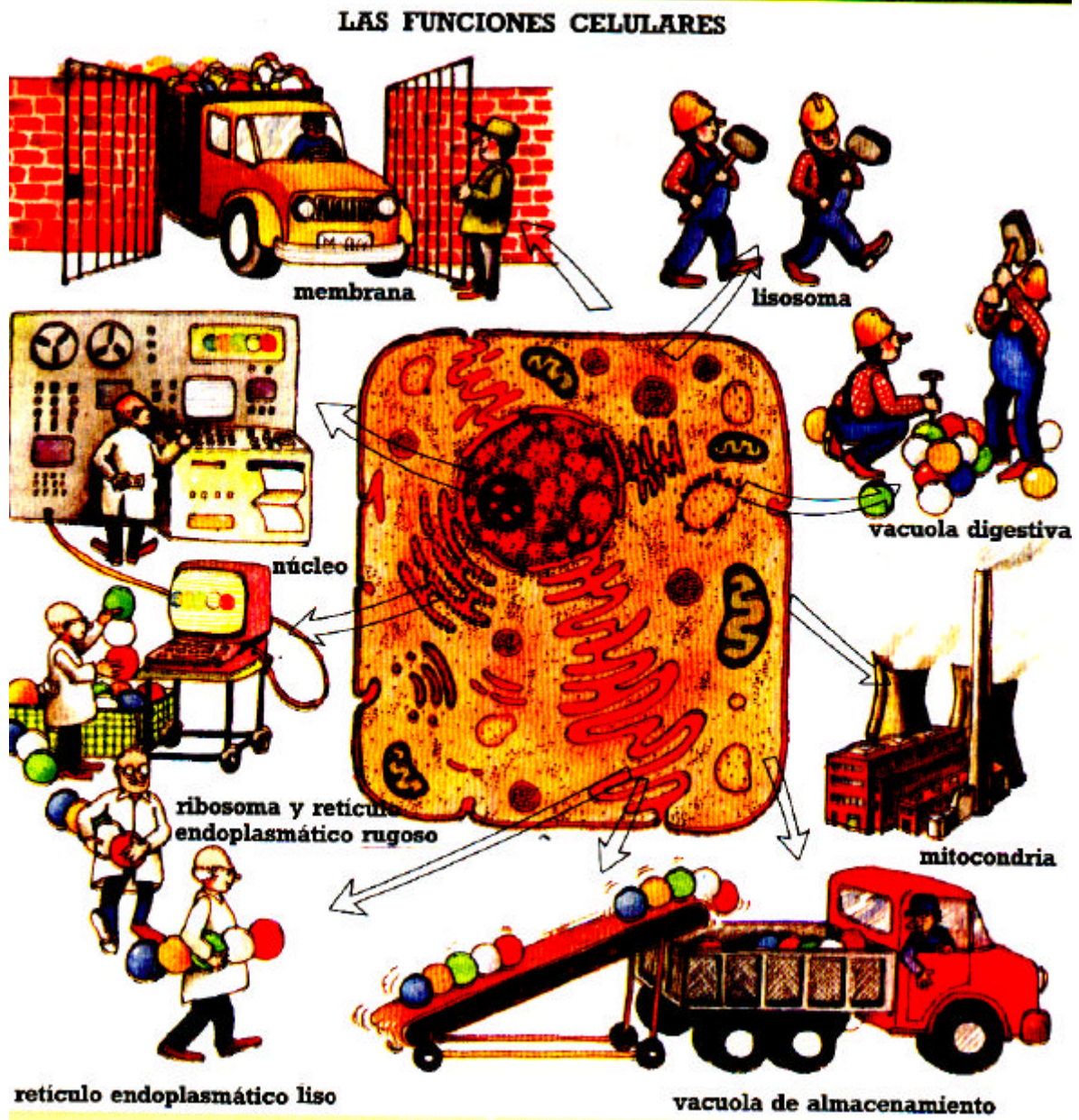
FECHA :

Haz un mapa conceptual de quince conceptos que exprese lo que sabes sobre la estructura y el funcionamiento de la célula y explícalo.

NOMBRE :
GRUPO :
FECHA :

Nº :

Explica en qué medida el siguiente dibujo refleja la estructura y el funcionamiento de una célula. Razona tu respuesta de la manera más explícita posible.



NOMBRE :

Nº :

GRUPO :

FECHA :

Haz un dibujo que plasme la estructura y el funcionamiento de una célula.

GUIÓN PARA DESARROLLAR LA ENTREVISTA:

- ¿Tú eres un ser vivo?
- ¿Por qué?
- ¡Si no sale “célula”!: ¿cómo estás constituido?
- ¡Tendrá que salir “célula”!: ¿y qué es eso?
- Te voy a ir diciendo una serie de palabras y tú me dices las primeras que te vengan a la mente con las que las relaciones: vida, ser vivo, célula, organización, entropía, energía, nutrición, relación, reproducción, agua, sales minerales, metabolismo.
- Ahora yo digo palabras y tú me describes la imagen que te viene a la mente: glúcido, proteína, lípido, ácido nucleico, energía, entropía, célula, catabolismo, meiosis, reproducción, anabolismo, ser vivo, nutrición, relación.
- Enseñar una foto de microscopía electrónica: ¿se parece esto a tu imagen de célula? ¿qué es esto? ¿me lo interpretas? Me gustaría que lo hicieras en voz alta.
- ¿Qué has sentido en relación con lo que hemos hecho a lo largo del curso? ¿cómo te has sentido estudiando la célula? ¿qué sensaciones o emociones recuerdas en relación con la célula?

I.B. DR. ANTONIO GONZÁLEZ Y GONZÁLEZ.
 SEMINARIO DE CIENCIAS NATURALES.
 BIOLOGÍA. COU.
 1º EXAMEN.

Pres/Expr :
 Adq. Con :
 Adq. Prd :
 CC y EP :

FECHA :

NOMBRE :

Nº

CURSO :

- Presentación y expresión (1 p.).

1.- ¿Consideras que la presencia en un tubo de ensayo de todas las moléculas de la materia viva nos daría como resultado una célula ?. Explica las razones en las que fundamentas tu opinión utilizando, al menos, cuatro de los ocho o diez posibles argumentos que hemos trabajado. (1 p.).

2.- Hemos visto doce propiedades físico-químicas del agua. Elige seis y explícalas relacionándolas con sus funciones biológicas o papeles que ejercen en los seres vivos. Pon ejemplos. (1,5 p.).

3.-

A : Explica los fenómenos osmóticos y pon ejemplos. (0,5 p.).

B : ¿Qué papel juegan las sales minerales en el control del pH ? Explica tu respuesta. (0,5 p.).

4.-Explica : célula, coloide, bioelemento, nivel de organización. Puedes añadir esquemas o dibujos si quieres. (1 p.).

5.- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchán y arrugan.

- ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible. (0,5 p.).
- Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla. (0,5 p.).

6.- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.

- ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría ? ¿Tiene algún fundamento biológico ? (0,5 p.).
- ¿Qué procesos biológicos no ocurrirían si nuestro organismo no tuviera sales minerales ? (0,5 p.)

7.- Teniendo en cuenta la observación de que muchos organismos vivientes se encuentran sobre todo cerca o en el interior de sustancias orgánicas en descomposición (...) algunos científicos han formulado la hipótesis de que estos organismos se originan espontáneamente a partir de esas sustancias. Para verificar experimentalmente tal hipótesis se puede pensar en tratar de modos diferentes cuatro series de probetas

conteniendo caldo de carne turbio por la presencia de microorganismos vivos y luego compararlas, haciendo un total de ocho grupos de observaciones. En la tabla siguiente se muestran los tipos de tratamiento y se indica el aspecto que presenta el caldo en las probetas, después de una hora y de diez días de haber realizado el tratamiento, respectivamente. Las ocho casillas numeradas corresponden a las ocho observaciones. (Bandiera y col., Enseñanza de las Ciencias, 1995).

	1 hora	10 días
Probetas cubiertas con una gasa : calentamiento durante 40 min. a 60°C.	1.- turbio	2.- turbio
Probetas cubiertas con una gasa : calentamiento durante 40 min. a 100°C	3.- claro	4.- turbio
Probetas selladas con cera : calentamiento durante 40 min. a 60°C.	5.- turbio	6.- turbio
Probetas selladas con cera :calentamiento durante 40 min. a 100°C.	7.- claro	8.- claro

- ¿Qué se puede deducir de estos datos ?. (0,5 p.).
- Plantea al menos dos afirmaciones relativas a estos datos y expresa si están demostradas o no. (0,25 p.).

8.- “ ... Desde que tuve conocimiento de la Teoría Celular, la formación extracelular de células animales me pareció tan improbable como la “*generatio aequivoca*” de los organismos. Esas dudas fueron el punto de partida de mis observaciones sobre el aumento de células sanguíneas por partición en los embriones de aves y mamíferos - en 1845. Posteriormente, he proseguido mis indagaciones en larvas de rana, con las cuales he podido remontar la historia del desarrollo de los tejidos hasta la segmentación del huevo. No obstante, hasta la primavera de 1851 no he conseguido comprobar que todas las células embrionarias resultantes de la segmentación aumentan por partición, transformándose en tejidos. ... ”. (Remak, 1852).

- ¿Qué implicaciones metodológicas se derivan de lo que nos dice Remak ?. ¿Qué aspectos de este texto denotan peculiaridades, procedimientos y actitudes propias del trabajo científico ?. (1 p.).

9.- “ *Estamos constituidos fundamentalmente por agua, que apenas cuesta ; el carbono se valora en forma de carbón ; el calcio de nuestros huesos en forma de yeso ; el nitrógeno de nuestras proteínas en forma de aire (también barato) o el hierro de nuestra sangre en forma de clavos herrumbrosos. El cuerpo humano cuesta veinte duros, mil pesetas o una cifra parecida. (...).*

(...). Harold Morowitz ha calculado lo que costaría reunir los constituyentes moleculares correctos que componen un ser humano, comprando las moléculas en casas de suministros químicos. La respuesta resulta ser de mil trescientos millones de pesetas aproximadamente. ¡Eso ya es otra cosa ! Pero ni aún así podríamos mezclar esas sustancias químicas y ver salir del bote a un ser humano”. (Rodríguez Gómez, Gil Flores y García Jiménez, 1996).

- ¿Ves alguna relación entre este texto y las diferentes teorías sobre el origen de la vida ?. Razona tu respuesta argumentando cuál es tu posición relativa a este tema. (0,5 p.).
- ¿Podemos relacionar este texto con otras teorías científicas para justificar la composición de la materia viva ?. (0,25 p.).

I.B. DR. ANTONIO GONZÁLEZ Y GONZÁLEZ.
 SEMINARIO DE CIENCIAS NATURALES.
 BIOLOGÍA. COU.
 2º EXAMEN.

Pres/Expr :
 Adq. Con :
 Adq. Prd :
 CC y EP :

FECHA :

NOMBRE :

Nº

CURSO :

- Presentación y expresión (1 p.).

1.- Completa el siguiente cuadro. (1 p.)

PROPIEDADES	CARACTERÍSTICAS MOLECULARES	FUNCIONES
Poder reductor	Carbono carbonílico	
Isomerías		Facilita las reacciones.
	Polaridad (-OH).	Metabolismo en medio acuoso.
Mutarrotación	Ciclación debida a los carbonos anoméricos.	
	Tamaño y disposición espacial según condiciones.	Mayor estabilidad de las moléculas en medios acuosos.
Pueden ser o no reductores.		Reserva a corto plazo.
Hidrolizables.		Reserva a corto plazo.
No cristalizables	Cadenas largas. Macromoléculas.	
No solubles en agua.		Gran reserva energética de poco volumen. Estructural.
	Varios monómeros. Enlaces O-glucosídicos.	Estructural. Energética (reserva a largo plazo). Rotura secuencial.

2.- Define : heterósido, anomería, mutarrotación, metabolismo, tilacoide. (1 p.).

3.- Razona las respuestas :

- ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?. (0,25 p.).
- ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?. (0,25 p.).
- ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?. (0,25 p.).
- ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?. (0,25 p.).

4.- Desarrolla una explicación razonablemente extensa de un proceso catabólico y otro anabólico de los glúcidos, aportando, también, información relativa a los lugares de la célula en los que ocurren. Puedes añadir dibujos y esquemas si lo consideras conveniente. (1,5 p.).

5.- Analizando el comportamiento de cuatro glúcidos diferentes ante el reactivo de Fehling (manifiesta poder reductor) se han observado los siguientes datos :

- tubo 1.- da positivo.
- tubo 2.- da positivo.
- tubo 3.- da negativo.
- tubo 4.- da negativo.
- A : ¿Qué conclusiones se pueden sacar de este primer registro ?. (0,3 p.).
- B : ¿Qué tipos de glúcidos pueden ser los de los tubos 1 y 2 ?. (0,3 p.).
- C : ¿Por qué los glúcidos de los tubos 3 y 4 no dan positivo ?. Emite una hipótesis al respecto. (0,3 p.).

En los tubos 3 y 4 se hace un tratamiento con un ácido fuerte (CIH) y calentamiento durante unos minutos. Se comprueba nuevamente, al poco tiempo, la presencia o ausencia de sustancias reductoras, obteniendo el siguiente registro :

- tubo 3.- da positivo.
- tubo 4.- da negativo.
- D : ¿Qué conclusiones sacas ahora ?. (0,3 p.).
- E : ¿Se confirman o rebaten tus hipótesis anteriores ?. Razona adecuadamente la respuesta. (0,3 p.).

6.- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.

- ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?. (0,5 p.).
- Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla. (0,75 p.).

7.- “ *En 1906, Gandhi ideó su primera campaña de resistencia no violenta, durante la cual mantuvo diferentes huelgas de hambre, consistentes en prolongados ayunos voluntarios. En España, recientemente, un grupo de personas solidarias con los*

habitantes del Tercer Mundo ha recurrido a este medio de protesta para solicitar un aumento del porcentaje del Producto Interior Bruto (PIB) (del 0,3% al 0,7%) que se destina a la ayuda de estas zonas desfavorecidas. La huelga de hambre no está exenta de riesgos por cuanto el organismo, aun en estado de reposo absoluto, consume una cantidad de energía ; es lo que se conoce como metabolismo basal". (Rodríguez Álvarez y Cruz León).

- Haz un comentario crítico aprovechando lo que comenta el texto y tus conocimientos de Biología. (0,75 p.).
- ¿Por qué hay riesgos ? ¿cuáles son ?. Utiliza el mayor número de argumentos biológicos posible. (1 p.).

I.B. DR. ANTONIO GONZÁLEZ Y GONZÁLEZ.
 SEMINARIO DE CIENCIAS NATURALES.
 BIOLOGÍA. COU.
 3º EXAMEN.

Pres/Expr :
 Adq. Con :
 Adq. Prd :
 CC y EP :

FECHA :

NOMBRE :

Nº

CURSO :

• Presentación y expresión (1 p.).

1.- (0,1 puntos cada respuesta totalmente correcta).

1.- La membrana plasmática :

a : está compuesta básicamente por proteínas y lípidos.

b : tiene características especiales propias de los lípidos (autoensamblaje, autosellado, fluidez e impermeabilidad).

c : es una estructura rígida que impide el movimiento celular gracias a las proteínas que la integran.

2.- En los dictiosomas podemos encontrar :

a : una cara formadora relacionada con vesículas de transición.

b : una cara distal que libera las vesículas de secreción.

c : unas vesículas con la secreción producida para exportar al exterior de la célula.

3.- Señala las frases correctas :

a : La fotosíntesis es un proceso anabólico, por lo tanto, de formación de materia compleja con aporte de energía.

b : La fase fotoquímica de la fotosíntesis se lleva a cabo en las membranas de los tilacoides y la biosintética en el estroma.

c : las células vegetales no tienen mitocondrias pues su función la realizan otros orgánulos.

4.- Una célula :

a : es un ser tan complejo que sobrevive por sí solo o constituye una estructura más compleja.

b : es una estructura compleja que realiza funciones.

c : no puede vivir aislada.

5.- ¿Cuál o cuáles de estas afirmaciones son correctas ?

a : La membrana plasmática es un componente constante de la materia viva.

b : La principal función de la membrana plasmática es la permeabilidad.

c : La membrana plasmática es semipermeable.

6.- ¿Cuál o cuáles de las siguientes funciones realiza el retículo endoplasmático rugoso ?

a : Transporte de sustancias por el interior de la célula.

b : Síntesis de lípidos.

c : Formación de la membrana nuclear.

7.- Los ácidos grasos se caracterizan por :

a : tener un grupo -COOH y una cadena hidrocarbonada.

b : ser anfipáticos o polares.

c : no tener nunca dobles enlaces.

- 8.- El retículo endoplasmático :
- a : está presente tanto en células procariotas como en células eucariotas.
 - b : es de dos tipos : retículo endoplasmático liso y rugoso.
 - c : está separado del núcleo y no tiene conexión con él.
- 9.- ¿Cuál o cuáles de estas afirmaciones son correctas ?
- a : La membrana celular interviene en el equilibrio de la presión osmótica.
 - b : La difusión pasiva de los iones depende de los gradientes de concentración y eléctrico.
 - c : Las proteínas de la membrana interaccionan para permitir el paso de sustancias de un lado al otro.
- 10.- ¿Cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas ?
- a : Se distinguen un lisosoma primario y tres clases de lisosomas secundarios.
 - b : El contenido de los lisosomas primarios es un conjunto de enzimas hidrolíticas.
 - c : Los lisosomas no intervienen en los procesos de endocitosis.
- 11.- Las grasas se forman por :
- a : una reacción de esterificación.
 - b : una reacción entre los grupos -OH de la glicerina y los grupos -COOH de los ácidos grasos.
 - c : una reacción con todos los grupos -OH de la glicerina.
- 12.- Los grana son :
- a : estructuras de las mitocondrias.
 - b : estructuras enzimáticas de los cloroplastos.
 - c : estructuras membranosas de los cloroplastos.
- 13.- Se considera a una célula como :
- a : un conglomerado ordenado de moléculas inorgánicas.
 - b : una estructura que funciona a partir de los nutrientes que le llegan.
 - c : una estructura encargada de transformar nutrientes mediante reacciones degradativas para obtener energía.
- 14.- La respiración celular :
- a : es un proceso catabólico del que se obtiene energía directamente utilizable por la célula para su desarrollo y productos más simples.
 - b : es un proceso que sólo ocurre en las células animales, pues las vegetales tienen otros mecanismos para conseguir lo mismo.
 - c : está relacionada con el oxígeno ya que consiste en una combustión fraccionada de la que se obtiene más energía que con una fermentación.
- 15.- ¿Cuál o cuáles de estas afirmaciones son correctas ?
- a : Los lípidos son insolubles en agua.
 - b : las grasas están formadas por ácidos grasos y glicerina.
 - c : Los esteroides son grasas insaturadas.
- 16.- De las siguientes rutas metabólicas ¿cuál o cuáles no se realizan en la mitocondria ?
- a : La glucólisis.
 - b : La fotosíntesis.
 - c : El ciclo de Krebs.

- 17.- Los glicerofosfolípidos :
- a : son muy abundantes en las membranas celulares.
 - b : son lípidos simples.
 - c : tienen como característica fundamental su solubilidad en agua.
- 18.- El transporte a través de membrana puede ser :
- a : difusión pasiva simple y difusión facilitada.
 - b : difusión facilitada ascendente, transporte activo y transporte en masa.
 - c : difusión pasiva simple, difusión facilitada, transporte activo y transporte en masa.
- 19.- Como funciones del retículo endoplasmático podemos destacar :
- a : acumulación y procesamiento de proteínas para la exportación.
 - b : mantenimiento de la estructura tridimensional de la célula.
 - c : síntesis de lípidos y de lipoproteínas.
- 20.- Los orgánulos encargados de la digestión celular :
- a : reciben el nombre de lisosomas.
 - b : tienen una única membrana.
 - c : se forman a partir de la membrana nuclear.
- 21.- Una célula se caracteriza por :
- a : encargarse de utilizar los nutrientes de los seres vivos para obtener energía.
 - b : tener como función agruparse para dar tejidos.
 - c : ser, por sí misma, un organismo.
- 22.- ¿Cuál o cuáles de las siguientes frases son correctas ?
- a : El ciclo de Krebs se realiza en la matriz mitocondrial y tiene como finalidad obtener moléculas de elevada energía química potencial susceptibles de oxidorreducción.
 - b : Las partículas elementales están en la membrana interna de la mitocondria y tienen por objeto realizar la fosforilación en la cadena transportadora de electrones.
 - c : La mitocondria interviene en el catabolismo de los lípidos a través de la **b**-oxidación, cuyos productos se incorporan al ciclo de Krebs para obtener energía.
- 23.- ¿Cuál o cuáles de estos procesos necesitan un aporte energético ?.
- a : Transporte activo.
 - b : Difusión pasiva.
 - c : Ósmosis.
- 24.- Un jabón :
- a : puede tener o no poder detergente y/o formar micelas.
 - b : es el resultado de una saponificación.
 - c : es una sal sódica o potásica de ácidos grasos.
- 25.- El transporte en masa a través de la membrana :
- a : puede ser endocitosis y exocitosis.
 - b : está relacionado con procesos patológicos de la célula.
 - c : supone un proceso de fusión/fisión de membranas.
- 26.- Un dictiosoma :
- a : tiene a su cargo el proceso de endocitosis.
 - b : es la unidad de aparato de Golgi.
 - c : está formado por una pila de cisternas y vesículas secretoras.

27.- Se caracteriza a una célula porque :

- a : destruye y construye moléculas.
- b : es un centro de construcción de materiales.
- c : se relaciona mediante la membrana plasmática.

28.- El aparato de Golgi :

- a : está formado por unas unidades llamadas tilacoides.
- b : es un orgánulo membranoso presente tanto en células animales como en vegetales.
- c : está relacionado con los centriolos.

29.- Señala las frases correctas :

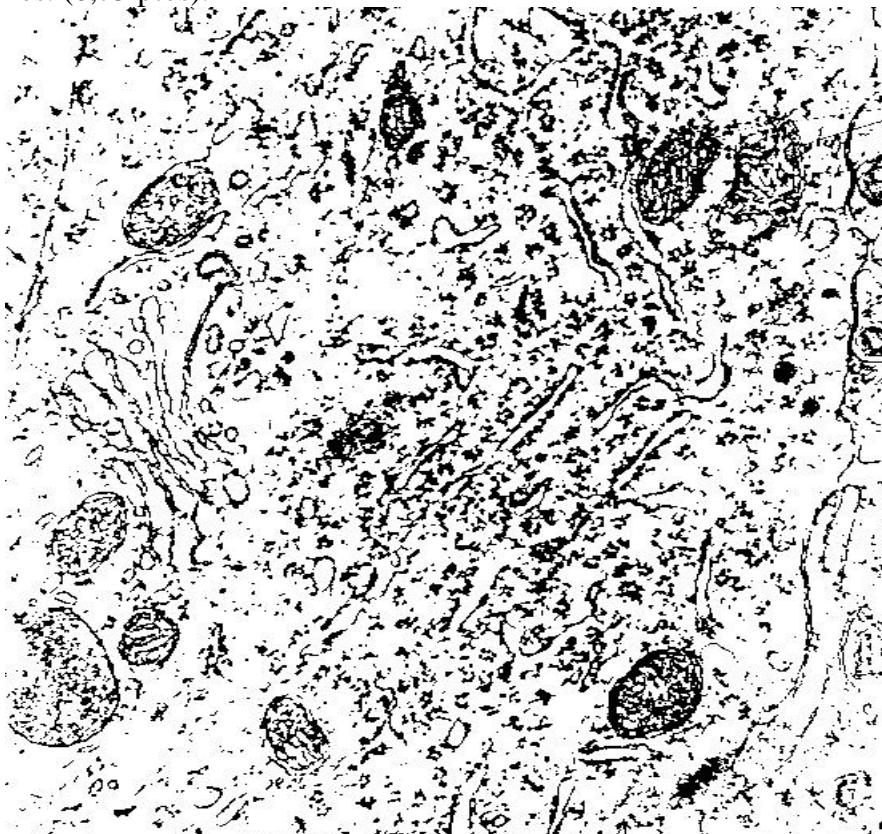
- a : El aparato de Golgi no tiene que ver con los procesos de secreción.
- b : La excreción celular elimina los productos de deshecho de la célula a través del retículo endoplasmático.
- c : La secreción celular es un proceso activo que tiene una finalidad biológica específica y que se realiza a través del aparato de Golgi.

30.- Se define a una célula por :

- a : una estructura organizada de moléculas orgánicas.
- b : estar compuesta de membrana, citoplasma y núcleo.
- c : un funcionamiento diferente dependiendo de que sea animal o vegetal.

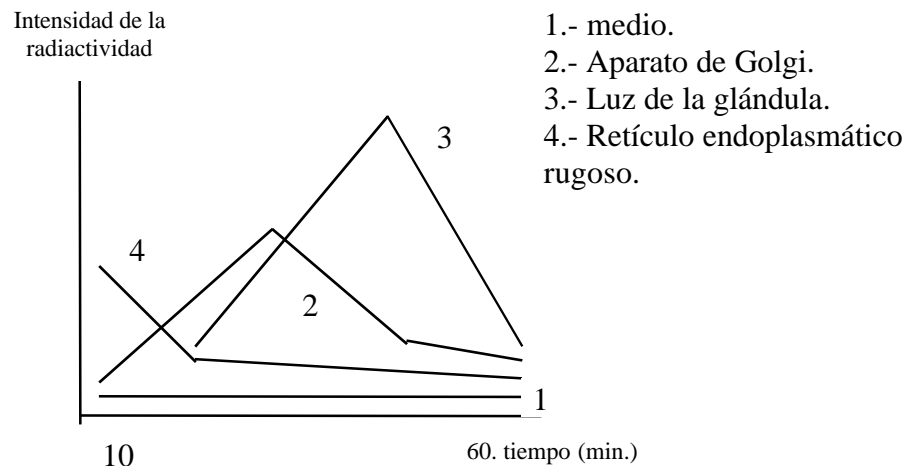
2.- Explica : célula, saponificación, glicerofosfolípidos, **b**-oxidación, aparato de Golgi, permeabilidad celular. (1,5 pts).

3.- En la fotografía de microscopía electrónica que se te entrega, identifica al menos tres estructuras celulares relacionadas con los lípidos y justifica en qué datos basas tus afirmaciones. (0,75 pts).



4.- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo.

Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras. (1 pto).

5.- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.

- ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?
Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.(0,5 pts).
- Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis. (0, 5 pts).

6.- M. Hoagland resume así la importancia de las grasas : “Aunque tener el cuerpo lleno de rodetes de grasa sea, en la mayoría de las situaciones, una desventaja, cuando se naufraga en el Atlántico Norte, el mar se erige en el juez del valor de la obesidad. El veredicto del Atlántico es que la obesidad tiene un valor de supervivencia : es bueno ser gordo”.

- ¿Qué conflictos científicos y sociales adviertes en relación con este texto ? (1 pto).
- ¿Qué argumentos, tanto científicos como sociales, utilizarías para rebatir a M. Hoagland ? (0,75 pts).

I.B. DR. ANTONIO GONZÁLEZ Y GONZÁLEZ.
 SEMINARIO DE CIENCIAS NATURALES.
 BIOLOGÍA. COU.
 4º EXAMEN.

Pres/Expr :
 Adq. Con :
 Adq. Prd :
 CC y EP :

FECHA :

NOMBRE :

Nº

CURSO :

- Presentación y expresión (1 p.).

1.- Indica cuatro de las funciones que tienen las proteínas citando en cada caso algún ejemplo. Da una breve explicación sobre las mismas. (1 pto).

2.-

- ¿Cómo se define un enzima ? ¿Qué clases se pueden distinguir ? (0,25 pts)
- Representa mediante esquemas la catálisis enzimática. (0,5 pts).
- ¿Qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas ?. (0,5 pts).

3.- ¿De qué manera traduce la célula la información del núcleo a proteínas ? Explica detalladamente el proceso. (1,25 pts.).

4.- Inmunidad. Concepto, tipos, procesos. (1 pto).

5.- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 ° ; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).

- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?. (1 pto.)
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto. (0,5 pts).
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades. (0,5 pts.).

6.- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?

- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla. (0,75 pts.).

7.- Se ha comprobado que las situaciones mantenidas de angustia o estrés provocan el debilitamiento de la respuesta inmunitaria ; en concreto, en un estudio que se hizo sobre

un grupo de alumnos al día siguiente de un duro examen se ha observado cómo disminuyen el número y la actividad de los linfocitos matadores (o células NK : Natural Killer), encargadas de la destrucción de las células tumorales.

- Haz un comentario crítico sobre este texto. (0,5 pts).
- ¿Qué relación puede tener el debilitamiento de la respuesta inmune con las situaciones de angustia y estrés ? Busca una explicación científica a este hecho. (0,5 pts.).
- ¿La sociedad, en general, tiene conocimientos relativos a la inmunidad ?.
¿Consideras importante la formación en este tema ? . (0,75 pts.).

I.B. DR. ANTONIO GONZÁLEZ Y GONZÁLEZ.
 SEMINARIO DE CIENCIAS NATURALES.
 BIOLOGÍA. COU.
 4º EXAMEN.

Pres/Expr :
 Adq. Con :
 Adq. Prd :
 CC y EP :

FECHA :

NOMBRE :

Nº

CURSO :

- Presentación y expresión (1 p.).

1.- Indica cuatro de las funciones que tienen las proteínas citando en cada caso algún ejemplo. Da una breve explicación sobre las mismas. (1 pto).

2.-

- ¿Cómo se define un enzima ? ¿Qué clases se pueden distinguir ? (0,25 pts)
- Representa mediante esquemas la catálisis enzimática. (0,5 pts).
- ¿Qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas ?. (0,5 pts).

3.- ¿De qué manera traduce la célula la información del núcleo a proteínas ? Explica detalladamente el proceso. (1,25 pts.).

4.- Explica : antígeno, anticuerpo, linfocito, vacuna. (1 pto.).

5.- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 ° ; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).

- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ? (1 pto.)
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto. (0,5 pts).
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades. (0,5 pts.).

6.- “Muchas personas tienen problemas a la hora de digerir los alimentos debido a la escasez de enzimas digestivos. La administración oral de amilasas, proteasas y lipasas suele aliviar su enfermedad. Estos enzimas deben llegar hasta el intestino delgado, donde se realiza la parte más importante de la digestión. Todos estos enzimas se presentan en las farmacias encapsulados y por tanto se ingieren de esta forma”. (Ortiz de Lanzagorta y col, 1993).

- ¿Podrías explicar por qué es necesaria la protección de una cápsula ? Emite una hipótesis y plantea la forma de comprobarla. (0,75 pts.).

7.- “ ... Sería una tragedia que la transformación de nuestra relación con los virus acabara usándolos para matarnos y lisiarnos mutuamente, sabotarnos mutuamente

nuestras economías Por desgracia, si hay una lección que la historia de la humanidad nos enseña es que cuando los avances científicos tienen un potencial siniestro, ese potencial se acabará usando. Sólo nos queda la esperanza de que la misma sabiduría y agudeza nos haga elegir la opción correcta”. (A. Scott, 1990).

- Haz un comentario crítico sobre este texto. (0,5 pts).
- ¿Qué opinión te merece lo que se plantea en el texto ?. Desarrolla tu respuesta usando varios argumentos. (0,5 pts).
- ¿Qué relaciones ciencia/tecnología/sociedad podrían derivarse del tema tratado en el texto ?. ¿Y en relación con el SIDA ?. (0,75 pts).

I.B. DR. ANTONIO GONZÁLEZ Y GONZÁLEZ.
 SEMINARIO DE CIENCIAS NATURALES.
 BIOLOGÍA. COU.
 5º EXAMEN.

Pres/Expr :
 Adq. Con :
 Adq. Prd :
 CC y EP :

FECHA :

NOMBRE :

Nº

CURSO :

- Presentación y expresión (1 p.).

1.- Define : mutación, sobrecruzamiento, reproducción, herencia del sexo. (2 pts).

2.- ¿Cómo se explica actualmente la estructura molecular del DNA ?. ¿Cuáles son las diferencias fundamentales entre esta molécula y el RNA ?. (1 pto).

3.- Explica detalladamente los cambios que tienen lugar en el núcleo de las células a lo largo de su vida. (1 pto).

4.- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos ?. Razona la respuesta. (0,5 pts.).

5.- Un extraterrestre ha llegado a la Tierra y una de sus misiones es averiguar si en las rosas los caracteres se transmiten juntos o separados de generación en generación. Pero se le ha estropeado el programa de ordenador y él tiene muy poca idea de genética. Intenta ayudarlo tú.

- Inventa una hipótesis, diseña las estrategias para contrastarla y comenta las conclusiones a las que crees que llegarías. (1 pto.).
- ¿Podemos asociar este problema con alguna de las leyes de Mendel ?. Razona la respuesta. (1 pto.).

ELEGIR UNO DE LOS DOS PROBLEMAS.

6A : Un gen recesivo ligado al sexo produce en la especie humana el daltonismo. Un gen influido por el sexo determina la calvicie y es dominante en el hombre y recesivo en la mujer. Un hombre heterocigótico calvo y daltónico se casa con una mujer sin calvicie y con visión para los colores normal, cuyo padre no era daltónico ni calvo y cuya madre era calva y con visión normal.

- ¿Qué fenotipos pueden tener los hijos de este matrimonio ?. (0,25 pts).
- ¿Cuáles son los genotipos de los padres y de los hijos ?. (0,25 pts).
- Suponiendo que el matrimonio tiene tres hijos ¿cuál es la probabilidad de que el siguiente sea varón ?. (0,25 pts.).

6B : El pelo oscuro en la especie humana es dominante del pelirrojo ; los ojos pardos dominan sobre los verdes. Un hombre de ojos pardos y pelo oscuro se casó con una mujer también de pelo oscuro pero de ojos verdes. Tuvieron dos hijos, uno de ojos pardos y pelirrojo y otro de ojos verdes y pelo oscuro.

- ¿Cuáles son los genotipos de la pareja ?. (0,25 pts.).
- ¿Qué genotipos tienen los hijos del matrimonio ?. (0,25 pts.).
- ¿Qué otros fenotipos podrían presentar los hijos y en qué proporciones ?. (0,25 pts.).

7.- “Supongamos que los genetistas pueden identificar los genes que hacen que algunas personas estén predispuestas a padecer trastornos cardiacos o aquellos otros que hacen que la gente se vuelva ciega con la edad. Si tú supieras qué genes tienes y qué trastornos genéticos pueden inducir éstos ¿influiría ese conocimiento sobre tu elección de una carrera ?. ¿Influiría sobre tu decisión de casarte o de fundar una familia ?. Supongamos que tu posible patrono tuviera así mismo acceso a tu información genética ; ¿podría ser motivo para discriminarte desde un punto de vista laboral ?. Si tú supieras que algunos genes en tu hijo no nacido le podrían causar un trastorno mental o físico, ¿influiría este conocimiento sobre tu decisión de llevar a término o no el embarazo ?”. (Proyecto Genoma Humano).

- ¿Qué implicaciones científicas, morales y sociológicas crees tú que tiene el Proyecto Genoma Humano ?. Haz un comentario crítico sobre este tema. (1 pto.).
- ¿Qué relaciones Ciencia/Tecnología/Sociedad se establecen en este campo del conocimiento ?. (0,75 pto.).

ANEXO N° 4:
CONTROLES HECHOS EN EL MATERIAL
RECOPIILADO

Alumno nº 1

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (limitado)	Uso	Uso	Uso	Muchos tipos	Uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Establecimiento (no muy elaboradas)	Elaboradas	Establecimiento (elaboradas)	Elaboradas	Establecimiento (elaboradas)	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No detectadas	Mitocondria: fábrica; ADN: jefe. (diversidad celular)	No detectadas	Célula: puzzle. (diversidad celular)	Algunas	No se detectan

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Explicativas	Explicativas	Explicativas	Explicativas	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Significativas	Significativas	Significativas	Significativas	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Débil	Coherente	Coherente	Débil	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	Uso	Uso (pobre)
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Deducciones elaboradas	Elaboradas	Deducciones elaboradas	Elaboradas	Deducciones elaboradas	Elaboradas	Deducciones elaboradas	Elaboradas	Deducciones elaboradas	Elaboradas	Deducciones elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	RE: la fábrica donde se producen ...	R.E.: fábrica donde se producen ...	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
DISEÑO (de libro o elab. personal)	Relativa elaboración personal	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación	Identificación y funciones con uso de notaciones (flechas y fórmulas)	Identificación (dib. 1 y 3) Identificación y comentarios de funciones con palabras y flechas (en el dib. 2)	Identificación y funciones con uso de notaciones (flechas, ampliaciones, etc)	Identificación y funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simple-estático	Simples-estáticos	Complejos-dinámicos	Complejos-dinámicos	Complejo-dinámico	Complejo-dinámico

Alumno nº 2

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	Relativa elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal (aunque breve y limitada)	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	Uso (3°) No uso (1° y 2°)	Uso	Uso	Algunas	Algunas
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Establecimiento pobre	Pobres	No establecimiento	Pobres	No establecimiento	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	Célula: taller –extrabiológica	Célula: taller; extrabiológica /autónoma	No se detectan	No se detectan	Algunas en relación con las imágenes	Funcionamiento: mitocondria como un trono

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria	Adecuada relativamente	Arbitraria	Adecuada relativamente	Arbitraria
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada o muy poco significativas	Nada significativas	Poco significativas	Nada significativas	Poco significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos		
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	Cierta elab. personal	De libro	
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Relativamente coherente y con algo de aplicación	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	No uso	No uso	Uso (ósmosis)	No uso	No uso	Dibujo de un dictiosoma	Uso Dictiosoma	No uso	No uso	No uso	No uso	
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Establecimiento pobre	Pobres	Establecimiento aceptable	Pobres	Establecimiento pobre	Elaboradas	Establecimiento pobre	Pobres	Establecimiento pobre	Pobres	Establecimiento pobre	Pobres	
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
DISEÑO (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	identificación	identificación	Sólo diseño; no hay identificación	Identificación (y sólo en el 2º dib. Y sólo de dos cosas) (en el 2º -funcionamiento- incorpora alguna flecha)	Identificación	Identificación (con algunas flechas que dan idea de funcionamiento, pero sólo eso –no hay información significativa de funciones)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simple-estático	Simple-estático	Simple-estático	Simples-estáticos	Simple-estático	Complejo-dinámico (¡ojo! Muy relativamente)

Alumno nº 3

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	Uso	Uso	Uso (refiere a ellas)	Uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	“Tendríamos que idealizar sus componentes, asimilarlos a un sistema o mecanismo”. Reloj u hormigas	“Tendríamos que idealizar sus componentes, asimilarlos a un sistema o mecanismo”. Reloj u hormigas	No se detectan	No se detectan	Algunas relacionadas con las imágenes	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Explicativas	Explicativas	Explicativas	Explicativas	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Significativas	Significativas	Significativas	Significativas	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Coherente	Coherente	Coherente	Coherente	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Repetición mecánica junto con Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	Célula: mecanismo complejo/reloj suizo	Célula: maquinaria de un reloj. Extrabiol/autónoma	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
DISEÑO (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación ¡y muy pobre!	identificación	Identificación y funciones con palabras y frases	Identificación (en el 1º y en el 3º) Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases	Identificación y funciones con palabras y frases	Identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simple-estático	Simple-estático	Complejo-dinámico	Simples-estáticos	Complejo-dinámico	Complejo-dinámico

Alumno nº 4

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	Uso	Uso	Uso	Uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	Funcionamiento: macromoléculas ejecutan órdenes, analogía con estructura de mando	No se detectan	No se detectan	Algunas relacionadas con las imágenes	Célula: huevo frito cuando empezamos y ahora un camino que recorre todo

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria	Relativamente adecuada	Arbitraria	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Explicativas	Explicativas	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas	Significativas	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Débil	Débil	Coherente	Coherente	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (muy bajo y pobre)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	Mitocondrias: fábricas energ. Extrabiol/cl ase	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan (mecanismo biol.)	DNA: organizador, ordena.

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
DISEÑO (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	No hay identificación; sólo diseño y poco más	Identificación (y si acaso) (muy pobres)	No hay identificación; sólo diseño y flechas con composición en uno de ellos	Identificación (y si acaso; no identifica nada pero tiene muchos elementos estructurales)	Identificación (no completa y débil) con uso de palabras y de flechas	Identificación (baja) y funciones (algunas) con palabras y notaciones no verbales
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Complejos-dinámicos	Simples-estáticos (el de funcionamiento es algo más complejo-din.)	Complejo-dinámico	Complejo-dinámico

Alumno nº 5

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	Muy pobre elaboración personal	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal	No elaboración personal; tampoco de libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	No uso	No uso	Uso (3º dib) No uso (1º y 2º dib)	Uso (muy poco)	Uso (muy poco)
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	No establecimiento	Pobre	Pobres	Pobre	No establecimiento
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	No se detectan	Funcionamiento. fábrica; repetición del símil	Célula: fábrica. Extrabiol./repetición de clase	Energía: explosión.	No se detectan

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente	Arbitraria	Arbitraria	Arbitraria	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Explicativas	Explicativas	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Significativas	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Débil	Ausente	Ausente	Ausente	Débil
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro (poca elab. Personal)	Elaboración personal	De libro	De libro	-	-
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Coherente (gramaticalmente)	Coherente y con aplicación (discurso lógico)	Coherente (gramaticalmente)	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	-	-
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Poca organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	-	-
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	-	-
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobre	Pobres	Pobre	No establecimiento	Pobre	No establecimiento	Pobre	No establecimiento	Pobre (incoherencias)	No establecimiento	-	-
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	-	-

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
DISEÑO (de libro o elab. personal)	No hay	No hace	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	No hay	No hace	Identificación	Identificación	Identificación	Identificación
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	No hay	No hace	Simple-estático	Simple-estático	Simple-estático	Simple-estático

Alumno nº 6

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal baja	De libro	Elaboración personal baja	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	Uso	Uso	Uso	Uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	No establecimiento	No establecimiento
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	Algunas (en las imágenes)	No se detectan

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Arbitraria	Arbitraria
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Explicativas	Explicativas	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Nada significativas	Poco significativas	Significativas	Poco significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro	Coherente	Débil	Débil	Débil	De libro
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	Uso (dos nexos. Los podemos encontrar en)	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal	De libro	De libro	De libro (cierta elab. Personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre (cierta coherencia y aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Organización autónoma (algunas preg)	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	Uso	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	No establecimiento	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Elaboradas	Pobres	Elaboradas	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
DISEÑO (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro (uno con elab. personal)	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación	Identificación pobre	Identificación (ni eso en el 2º dib.)	Identificación	Identificación (uso de flechas pero no hay funciones)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos (uno con cierto dinamismos)	Simples-estáticos	Complejo-dinámico	Complejo-dinámico

Alumno nº 7

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso (1º y 3º) No uso (2º)	No uso	Uso (1º y 3º) No uso (2º)	No uso	Algunas
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	No establecimiento	No establecimiento	Pobres	No establecimiento	No establecimiento
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	No se detectan	Extrabiol. De repetición de clase y autónoma	Funciona: como una fábrica. Extrabiol./repetición clase. Como una máquina; extrabiol/autónoma	No se detectan	AN: escalera de mano. Célula: como una fábrica

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria	Arbitraria	Arbitraria	Arbitraria	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Explicativas	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Nada significativas	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro	De libro	Ausente	Ausente	Ausente	De libro
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma	Repetición mecánica	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	Uso	Uso	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Elaboradas	No establecimiento	Elaboradas	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	Extrabiol. autónoma	DNA: parecido a una escalera

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
DISEÑO (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación	Identificación	Identificación	Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases	Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático	Simple-estático

Alumno nº 8

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	Uso (muy pobre)	Uso	Uso (1º y 3º) No uso (2º)	No uso	Algunas
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	Extrabiológica	Huevo frito; extrabiolo/repetición de clase. Reloj, un mecanismo; Extrabiolo/autónoma	Extrabiol; repetición de clase	Huevo frito; extrabiol/repetición clase. Fábrica; extrabiol/repetición clase. AN: obreros que mandan	Extrabiol; repetición de clase	Varias de repetición de clase y célula: sala de profesores; Extrabiol/autónoma

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria	Arbitraria	Arbitraria	Adecuada y consistente	Arbitraria
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente	Débil	Ausente	Ausente	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Pobres	No establecimiento	Pobres	Pobres	Pobres	No establecimiento	Pobres	No establecimiento	Pobres	No establecimiento	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
DISEÑO (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación	Identificación	Identificación	Identificación	Identificación
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático	Simple-estático

Alumno nº 9

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	Uso	Uso	No uso	Uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Pobres	No establecimiento	Pobres	No establecimiento	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	Repetición de clase	Célula: centro de construcción de materiales. Extrabiol/repetición de clase	Repetición de clase	Repetición de clase	No se detectan	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	Investigadora
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria	Arbitraria	Arbitraria	Arbitraria	Arbitraria
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Explicativas	Explicativas	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Poco significativas	Poco significativas	Significativas	Poco significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro	De libro	Débil	Débil	Débil	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	Investigador
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Simple y pobre Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	Uso	Uso	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Pobres	Elaboradas	Elaboradas	Pobres	Pobres	Pobres	Elaboradas	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	Extrabiológica	Proteínas: son las puertas; Extrabiol/autónoma	No se detectan	No se detectan

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
DISEÑO (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación y comentario de funciones con palabras y frases	Identificación y comentario de funciones con palabras y frases	Identificación y comentario de funciones con palabras y frases	Identificación y comentario de funciones con palabras y frases	Identificación y comentario de funciones con palabras y frases y notaciones no verbales	Identificación y comentario de funciones con palabras y frases
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático	Simple-estático

Alumno nº 10

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
FRASES (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Repetición mecánica	Organización autónoma	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	Uso	Uso	Uso	No uso	Algunas
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Elaboradas	No establecimiento	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	Extrabiológica/repetición de clase	Célula: huevo; Extrabiol/repetición de clase	Extrabiológica/repetición de clase	Funcionamiento: como la fábrica; Extrabiol/repetición de clase	Extrabiológica/repetición de clase	Célula: un plato con un huevo en el medio

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	Investigadora
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria	Adecuada y consistente	Arbitraria	Adecuada y consistente	Arbitraria
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Débil	Débil	Débil	De libro	De libro
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Repetición mecánica	Organización autónoma	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres	Elaboradas	Pobres	Elaboradas	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	No cabe	Extrabiológica	Extrabiológica	Extrabiológica	Metabolismo parecido a una cadena rotatoria	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
DISEÑO (de libro o elab. personal)	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	De libro	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación (1º y 3º) Identificación y comentario de alguna función con uso de palabras y frases/flechas	Identificación	Identificación (1º y 3º) Identificación y funciones con notaciones no verbales	Identificación	Identificación y funciones con uso de notaciones no verbales
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático	Simple-estático

Alumno nº 11

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	Uso	Uso	Uso	Uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres	Elaboradas	Pobres	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	Extrabiológica	Membrana celular: colador. Extrabiol/autónoma	No se detectan	No se detectan	Biológicas	Ser vivo: una máquina, Extrabiol/autónoma

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente	Arbitraria	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Arbitraria	Arbitraria
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Explicativas	Explicativas	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Poco significativas	Poco significativas	Significativas	Poco significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Coherente	De libro	Débil	Coherente	Débil	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Elaboradas	Pobres	Elaboradas	Pobres	Elaboradas	Pobres	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No cabe	Biológica	Biológica	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
DISEÑO (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases	Identificación (1º y 3º) Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases (2º)	Identificación	Identificación (1º y 3º) Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases (2º)	Identificación	Identificación y funciones con notaciones no verbales
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático	Complejo-dinámico

Alumno nº 12

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Entrevista	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso (1º y 3º) No uso (2º)	Uso	Uso	Uso	Algunas
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres	Elaboradas	Pobres	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	Extrabiológica	Funcionamiento: la fábrica; extrabiol/repetición clase	Repetición de clase y autónoma	Mitocondria: fábrica. Núcleo: oficina de información; extrabiol/autónoma	Repetición de clase	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

	1 Mapa conceptual		2 Mapa conceptual		3 Mapa conceptual	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	Investigadora
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Arbitraria	Arbitraria	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas	Significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Coherente (De libro)	De libro	Ausente	Débil	Coherente	De libro
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso

	Símil de la fábrica		Ex. Origen vida		Ex. Glúcidos		Ex. Lípidos		Ex. Proteínas		Ex. Á. Nucleicos	
	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador	Juez externo	investigador
FRASES (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica - nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

	Cuestionario inicial		Cuestionario final		Dibujo	
	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora	Juez externo	investigadora
DISEÑO (de libro o elab. personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación y comentarios de funciones con palabras y frases	Identificación	Identificación y comentarios de funciones con palabras y frases	Identificación (3°) Identificación y comentarios de funciones con frases (dos analogías) (2° dib)	Identificación y comentarios de funciones con palabras y frases	Identificación y comentarios de funciones con palabras y frases y alguna flecha
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Complejos dinámicos	Simples-estáticos	Complejo-dinámico	Simple-estático

ANEXO N° 5:

VÍCTOR

NOMBRE: Víctor

CURSO: COU A

FECHA: 6-6-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, ser vivo, neuronas, complejidad, nutrición, relación, medio, vida, energía, moléculas, aminoácidos, ribosoma, ARN, ADN, procreación, ARN mensajero, enzima, vacuola, almacén, membrana, reproducción, nutrientes, centriolo, núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, citoplasma, proteínas, funciones vitales, información, transmisión genética, cromátidas	Célula, neurona, organismo, funciones vitales, reacciones químicas, moléculas, orgánulo, complicación, dependencia, medio, nutrición, relación, reproducción.	Entropía, célula, seres vivos, organización, animales, vida, neurona, energía, niveles, evolución, mitosis, meiosis, mineral, ósmosis, concentración, rotura, construcción, gametogénesis, aparato de Golgi, mitocondria, retículo endoplasmático, núcleo, vacuolas, almacén, eucariotas, proteínas, membrana, funciones, centriolos, información, ARN mensajero, microtúbulos, citoesqueleto, fotosíntesis.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (no hay hilo conductor)	Simple y pobre	Simple y pobre (¡no hay discurso! Además, no se entiende)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica (¡en todo caso!)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso (1º y 3º) no uso (2º)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: la fórmula. • Proteína: músculo • Lípido: grasa de un bistec. • Ácido nucleico: doble hélice. • Energía: luz, resplandor. • Célula. neurona. • Catabolismo: estar rompiendo algo. • Meiosis: diapositivas de Susi - gametogénesis. • Anabolismo: foto de fotosíntesis de un libro. • Nutrición: el almuerzo. • Relación: la discoteca. • Reproducción: perro en celo.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Pobres (Ej: pregunta 3 C)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo podemos representar una célula?: "similar a un huevo frito" "Aunque la neurona sea como un cardo. Si he de dibujarla procuraré que fuese similar a algo que conozco y que me pueda ayudar a diferenciarla o dibujarla. En el caso del huevo frito se parece bastante" Extrabiol./repetición. • célula: huevo frito. Extrabiol./repetición. • Funcionamiento. Complejo mecano que no necesita mecánico o mantenedor. Extrabiol./autónoma. • Hace un dibujo de una célula y otro de un hormiguero y dice que es casi igual. Extrabiol./autónoma. 	No se detectan	No se detectan (más que las que figuran en las imágenes)

- Pág. 6 -A: al ver la foto: "no parece una célula porque las que hemos visto son bastante hipotéticas.
- Pág. 7 -A: le cuesta interpretar y no lo reconoce.

NOMBRE: Víctor.

CURSO: COU A

FECHA: 6-6-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Nutrición, relación, reproducción, energía, células, alimento, catabolismo, anabolismo, tejidos, glucolisis, ciclo de Krebs, fotosíntesis, orgánulos, ATP, CO ₂ , H ₂ O, luz solar, reservas, glucosa, glucógeno, glucogénesis, almidogénesis.	Citoesqueleto, núcleo, ribosomas, mitocondrias, membranas, citosol, energía, célula, principios inmediatos orgánicos, metabolismo, catabólicas, anabólicas, proteínas, lípidos, glúcidos.	Procariota, eucariota, ácidos nucleicos, ADN, ARN, vegetales, animales, somáticas, herencia, célula, sexuales, sexual, asexual, reproducción, nutrición, relación, autótrofo, heterótrofo, tejido, simbiosis, parasitismo, mitosis, meiosis, gemación, bipartición, D. múltiple, prótidos, glúcidos, lípidos, metabolismo, anabolismo, catabolismo, energía.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: reservas, CO ₂ , H ₂ O, y falta, por ej, fosforilación oxidativa).	Arbitraria (Ej: anabólicas, catabólicas, Líp., Prót., o Glúc., cuando sólo son 15 conceptos, o P.I.O.).	Arbitraria (Ej: orgánulos no como concepto -y no hay orgánulos).
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples (algunas sin sentido)
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente (P.I.O. o metabolismo no se relacionan con célula)	Débil (diferencia ciertas jerarquías)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Víctor

CURSO: COU A

FECHA: 6-6-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Aparato de Golgi, reacciones químicas, moléculas, nutrientes, transporte, proteínas, orgánulo, código, información genética, enzimas, ribosomas, glúcidos, lípidos, sales minerales, citoplasma, célula, membrana, núcleo.	Célula, materia, moléculas, energía, organismo, ser vivo, funciones vitales, ósmosis, sales minerales, flagelos, agua, nutrientes, mitosis, reacciones, vida.	Membrana, mitocondria, grana, catabolismo, anabolismo, proteína, aminoácidos, metabolismo, ser vivo, materia, fermentaciones, ATP, células, vegetales, animales, funciones, fotosíntesis, heterótrofo, autótrofo, energía, glúcidos, nutrición, lípidos, nutrientes, entropía, glucolisis, ciclo de Krebs, cloroplastos, pared celular, monosacáridos.	Aparato de Golgi, mitocondria, retículo endoplasmático, orgánulo, dictiosoma, membrana celular, medio, proteínas, nutrientes, moléculas, reacciones, matriz mitocondrial, ribosomas, ácidos grasos, vesículas, célula, vida.	Proteínas, membrana plasmática, nutrientes, transaminación, ciclo de Krebs, energía, antígenos, reacciones metabólicas, enzima, apoenzima, holoenzima, cofactor, catálisis, célula, síntesis proteica, ARN, ADN, núcleo, citosol, orgánulos, gen, información, ARN mensajero, ribosoma, ARN transferente, codon, aminoácido, anticodon, inmunidad, linfocitos, anticuerpos, reacciones químicas, organismo, agua, sistema inmunológico.	ARN, proteína, ADN, cromosomas, cromátidas, información, gametos, meiosis, cigoto, mitosis, diferenciación sexual, células, sexo, alelos, división celular, reproducción, núcleo, citoplasma, jugo nuclear, huso acromático, centriolos, diacinesis, fenotipo, retrocruzamientos, híbridos, genotipos, vida, función vital, síntesis de proteínas, membrana nuclear, vegetales, animales, genes, herencia.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica (excepto en CCEP: organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	Uso (dibujo de la membrana)	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Víctor

CURSO: COU A

FECHA: 6-6-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Vacuola ribosoma, mitocondria, núcleo, aparato de Golgi, moléculas, azúcar, aminoácidos, enzimas, DNA, procreación, dirección, ARN mensajero, reina, zánganos, obrera, almacén, membrana celular, centriolo, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, citoplasma, nutriente.	<ul style="list-style-type: none"> • ;no nombra nada! • No hace el dibujo de la preg. 3C. 	Neurona, vacuola, centriolo, ribosoma, lisosomas, mitocondrias, pared celular, (nódulos de Ranvier), (bandas de) mielina, citoesqueleto.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (1º y 3º) identificación y comentario (muy breves) de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales (flechas)	Identificación (sólo gráfica de distintas estructuras -no las nombra)	Identificación (pobre e incompleta)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Víctor

CURSO: COU A

FECHA: 6-6-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, ser vivo, neuronas, complejidad, nutrición, relación, medio, vida, energía, moléculas, aminoácidos, ribosoma, ARN, ADN, procreación, ARN mensajero, enzima, vacuola, almacén, membrana, reproducción, nutrientes, centriolo, núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, citoplasma, proteínas, funciones vitales, información, transmisión genética, cromátidas
Origen de la vida 18/11/96	Célula, materia, moléculas, energía, organismo, ser vivo, funciones vitales, ósmosis, sales minerales, flagelos, agua, nutrientes, mitosis, reacciones, vida.
ex. GLUC. 9/12/96	Membrana, mitocondria, grana, catabolismo, anabolismo, proteína, aminoácidos, metabolismo, ser vivo, materia, fermentaciones, ATP, células, vegetales, animales, funciones, fotosíntesis, heterótrofo, autótrofo, energía, glúcidos, nutrición, lípidos, nutrientes, entropía, glucolisis, ciclo de Krebs, cloroplastos, pared celular, monosacáridos.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Nutrición, relación, reproducción, energía, células, alimento, catabolismo, anabolismo, tejidos, glucolisis, ciclo de Krebs, fotosíntesis, orgánulos, ATP, CO ₂ , H ₂ O, luz solar, reservas, glucosa, glucógeno, glucogénesis, almidogénesis.
ex. LÍP. 26/2/97	Aparato de Golgi, mitocondria, retículo endoplasmático, orgánulo, dictiosoma, membrana celular, medio, proteínas, nutrientes, moléculas, reacciones, matriz mitocondrial, ribosomas, ácidos grasos, vesículas, célula, vida.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, membrana plasmática, nutrientes, transaminación, ciclo de Krebs, energía, antígenos, reacciones metabólicas, enzima, apoenzima, holoenzima, cofactor, catálisis, célula, síntesis proteica, ARN, ADN, núcleo, citosol, orgánulos, gen, información, ARN mensajero, ribosoma, ARN transferente, codon, aminoácido, anticodon, inmunidad, linfocitos, anticuerpos, reacciones químicas, organismo, agua, sistema inmunológico.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Citoesqueleto, núcleo, ribosomas, mitocondrias, membranas, citosol, energía, célula, principios inmediatos orgánicos, metabolismo, catabólicas, anabólicas, proteínas, lípidos, glúcidos.
ex. AN. 12/5/97	ARN, proteína, ADN, cromosomas, cromátidas, información, gametos, meiosis, cigoto, mitosis, diferenciación sexual, células, sexo, alelos, división celular, reproducción, núcleo, citoplasma, jugo nuclear, huso acromático, centriolos, diacinesis, fenotipo, retrocruzamientos, híbridos, genotipos, vida, función vital, síntesis de proteínas, membrana nuclear, vegetales, animales, genes, herencia.
Símil de la fábrica 13/5/97	Aparato de Golgi, reacciones químicas, moléculas, nutrientes, transporte, proteínas, orgánulo, código, información genética, enzimas, ribosomas, glúcidos, lípidos, sales minerales, citoplasma, célula, membrana, núcleo.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Neurona, vacuola, centriolo, ribosoma, lisosomas, mitocondrias, pared celular, (nódulos de Ranvier), (bandas de) mielina, citoesqueleto.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Procariota, eucariota, ácidos nucleicos, ADN, ARN, vegetales, animales, somáticas, herencia, célula, sexuales, sexual, asexual, reproducción, nutrición, relación, autótrofo, heterótrofo, tejido, simbiosis, parasitismo, mitosis, meiosis, gemación, bipartición, D. múltiple, prótidos, glúcidos, lípidos, metabolismo, anabolismo, catabolismo, energía.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, neurona, organismo, funciones vitales, reacciones químicas, moléculas, orgánulo, complicación, dependencia, medio, nutrición, relación, reproducción.
Entrevista. 4/6/97	Entropía, célula, seres vivos, organización, animales, vida, neurona, energía, niveles, evolución, mitosis, meiosis, mineral, ósmosis, concentración, rotura, construcción, gametogénesis, aparato de Golgi, mitocondria, retículo endoplasmático, núcleo, vacuolas, almacén, eucariotas, proteínas, membrana, funciones, centriolos, información, ARN mensajero, microtúbulos, citoesqueleto, fotosíntesis.

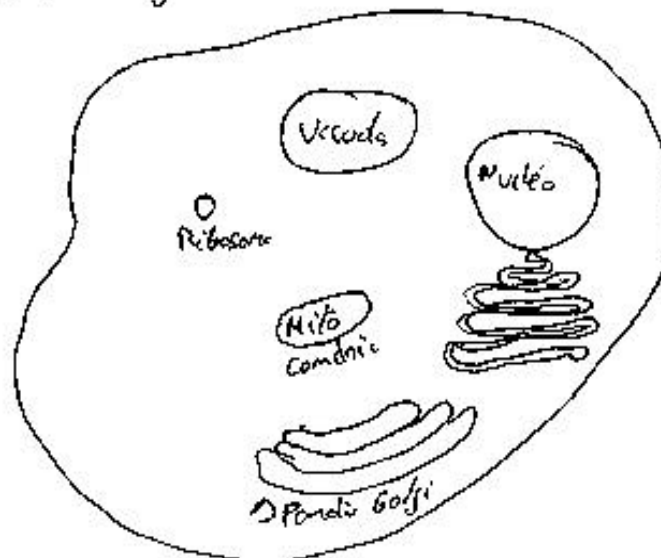
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Ribosoma, vacuola, membrana, centriolo, núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, citoplasma.	Flagelos.	Membrana, mitocondria, grana, cloroplastos, pared celular.	Orgánulos.	Aparato de Golgi, mitocondria, retículo endoplasmático, orgánulo, dictiosoma, membrana celular, matriz mitocondrial, ribosomas, vesículas.	Membrana plasmática, núcleo, citosol, orgánulos, ribosoma.	Citoesqueleto, núcleo, ribosomas, mitocondrias, membranas, citosol.	Cromosomas, núcleo, citoplasma, jugo nuclear, huso acromático, centriolos, membrana nuclear.	Aparato de Golgi, orgánulo, ribosomas, citoplasma, núcleo.	Vacuola, centriolo, ribosoma, lisosomas, mitocondrias, pared celular, citoesqueleto.	-	Orgánulo.	Aparato de Golgi, mitocondria, retículo endoplasmático, núcleo, vacuolas, membrana, centriolos, microtúbulos, citoesqueleto.	AG 4, ctrl. 4, ctq 3, citp 3, ctsl 2, clpt 1, crma 1, dict 1, RE 3, flgo 1, Grana 1, h acrom IREL 1, lissl 1, mitc 1, memb 7, m cel 1, m ncl 1, m plasm 1, microtub 1, mitc 6, nucl 6, org 5, p cel 2, rib 6, vesc 1.
Moléculas	Moléculas, aminoácidos, ARN, ADN, ARN mensajero, enzima, nutrientes, proteínas, cromátidas.	Moléculas, sales minerales, agua, nutrientes.	Proteína, aminoácidos, ATP, glúcidos, lípidos, nutrientes, monosacáridos.	ATP, CO ₂ , H ₂ O, glucosa, glucógeno.	Proteínas, nutrientes, moléculas, ácidos grasos.	Proteínas, nutrientes, enzima, apoenzima, holoenzima, cofactor, ARN, ADN, gen, ARN mensajero, ARN transferente, aminoácidos, agua, codon, anticodon.	Principios inmediatos orgánicos, proteínas, lípidos, glúcidos.	ARN, proteína, ADN, cromátidas, genes.	Moléculas, nutrientes, proteínas, enzimas, glúcidos, lípidos, sales minerales.	Mielina.	Ácidos nucleicos, ADN, ARN, proteínas, glúcidos, lípidos.	Moléculas.	Mineral, proteínas, ARN mensajero.	A grs 1, AN 1, ADN 4, agua 2, aa 3, apoenz 1, ARN 5, ARNm 3, ARNt 1, ATP 2, codon 1, cofactor 1, cromátida 2, enz 3, gen 3, Glc 4, glucógeno 1, Líp 4, molécula 5, monosac 1, nutriente 6, PI 1, Prot 9.
PROCESOS Mts.	-	-	Catabolismo, anabolismo, metabolismo, fermentaciones, fotosíntesis, heterótrofo, autótrofo, ciclo de Krebs.	Catabolismo, anabolismo, glucolisis, ciclo de Krebs, fotosíntesis, glucogénesis, almidogénesis.	-	Transaminación, ciclo de Krebs, reacciones metabólicas, catálisis, síntesis proteica.	Metabolismo, catabólicas, anabólicas.	Síntesis de proteínas.	-	-	Autótrofo, heterótrofo, metabolismo, anabolismo, catabolismo.	-	fotosíntesis	Anb 3, cat 3, auf 2, catálisis 1, c Krebs 3, ferment 1, fst 3, glugenesis 1, heterof 2, mtb 3, sin prot 7, transamn 1

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
Otros	Nutrición, relación, reproducción, funciones vitales, transmisión genética.	Funciones vitales, mitosis, ósmosis.	Funciones.	Nutrición, relación, reproducción.	-	-	-	Mitosis, diferenciación sexual, división celular, reproducción, diacinesis.	Transporte.	-	Reproducción, nutrición, relación, mitosis, meiosis, gemación, bipartición, d. múltiple.	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción.	Mitosis, meiosis, funciones, ósmosis.	FV 3, meiosis 2, mitosis 4, nut 4, ósmosis 2, rel 4, rpd 5, transporte 1.
CONCEPs GRALES:	Célula, ser vivo, complejidad, vida, medio, energía, almacén, información.	Célula, materia, energía, organismo, ser vivo, vida, reacciones.	Ser vivo, materia, células, vegetales, animales, energía, entropía.	Energía, células, reservas.	Medio, reacciones, célula, vida.	Energía, célula, información, reacciones químicas, organismo.	Energía, célula.	Información, células, vida, vegetales, animales, herencia.	Reacciones químicas, código, información genética, célula.	-	Vegetales, animales, somáticas, célula, sexuales, energía.	Célula, organismo, reacciones químicas, complicación, dependencia, medio.	Entropía, célula, seres vivos, organización, animales, vida, energía, almacén, eucariotas, información, rotura, construcción.	Ani 4, célula 12, código gen 1, energía 8, entropía 2, eucariota 1, herencia 1, información 5, inform gen 1, materia 2, medio 3, organismos 3, organización 1, reac q 3, reac 2, s vivos 4, vgt 3, vida 5
OTROS CONCEPs	neuronas, procreación.	-	-	Alimento, luz solar.	-	Antígenos, inmunidad, linfocitos, anticuerpos, sistema inmunológico.	-	Gametos, cigoto, sexo, alelos, fenotipo, retrocruzamientos, híbridos, genotipos	-	Neurona.	Sexual, asexual, tejido, simbiosis, parasitismo.	Neurona.	Neurona, niveles, evolución, concentración, gametogénesis.	Anticuerpo 1, antígeno 1, fenotipo 1, gameto 2, genotipo 1, inmunidad 1, linfocito 1, sexo 1, sist inmun 1, tejido 1, cigoto 1, procreación 1, alimento 1, luz solar 1, neurona 2, evolución 1.
MODELO	B (ANALOGÍAS)	A	B	A	A	B	A	A	A	A	B	A	A	A

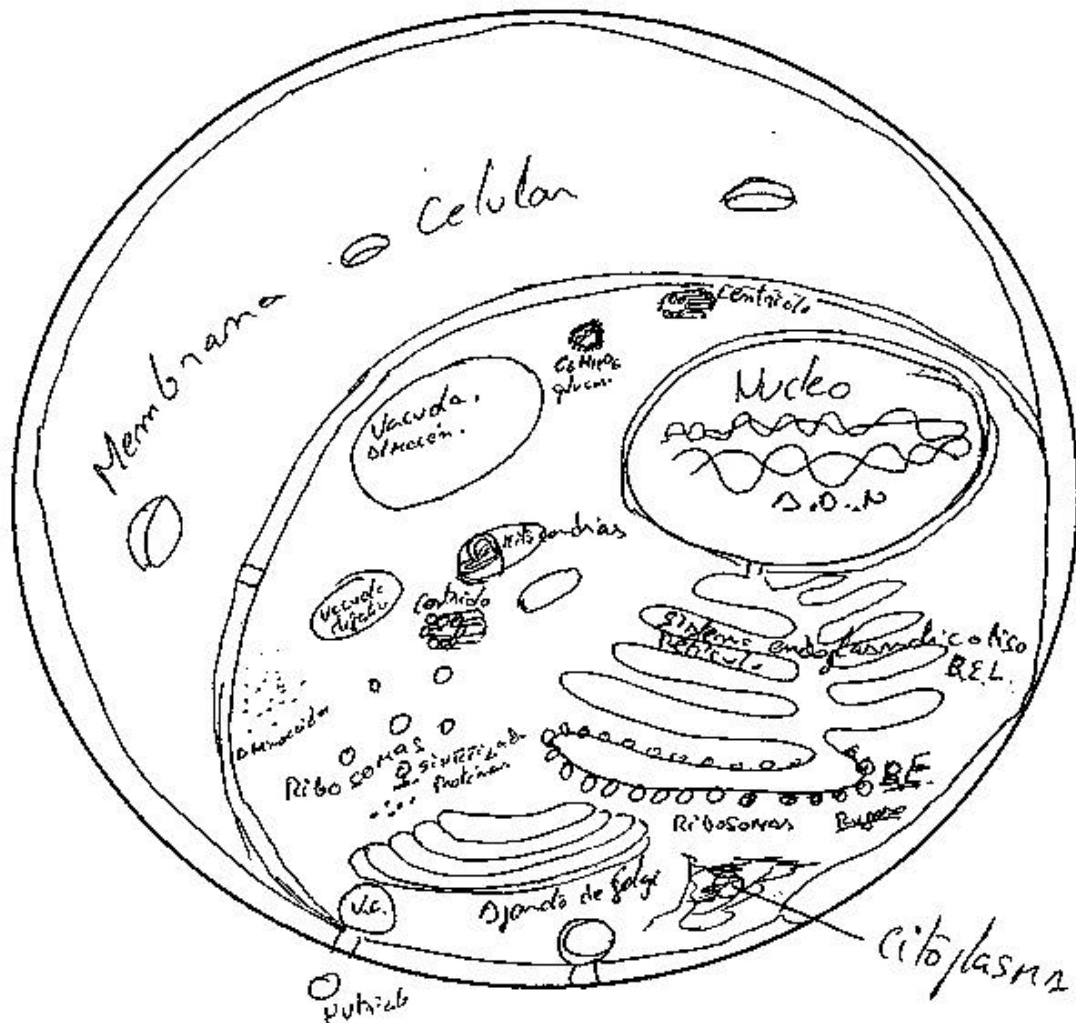
Víctor piensa en la célula al empezar el curso escolar como en una entidad a la que le asigna una estructura, ya desde este primer momento, bastante compleja y en la que delimita abundantes elementos constituyentes, pero en la que para hacer referencia a su funcionamiento recurre a diferentes analogías; él necesita pensar en algo que conozca para representar la célula y le da a esta entidad viva una cierta forma característica de comportarse a través de dichas analogías, pero ese comportamiento no lo hace descansar en sus elementos estructurales constituyentes. No usa en estos momentos conceptos metabólicos y para explicar su dinámica hace referencia, eso sí, a conceptos muy genéricos como, por ejemplo, las funciones vitales. El discurso que construye es simple, pobre y de difícil lectura pues no tiene ningún hilo conductor, pero lo organiza autónomamente haciendo uso de frases que son elaboradas, no respondiendo a construcciones librescas. Lo que más llama la atención, como se decía, es el recurso a las analogías para comunicar su idea de funcionamiento celular, lo que hace en algunas sesiones de clase y, también, en el primer registro escrito que se obtiene de él, el cuestionario inicial (22-10-96); de éste, algunas respuestas merecen ser destacadas y se presentan a continuación. Cuando se le demanda cómo representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, Víctor responde:

"Similar a un huevo frito pero con sus macromoléculas (que se encargan de nutrición y relación con el medio).

Aunque la neurona sea como un cardo. Si he de dibujarla procurarí que fuese similar a algo que conozco y que me puede ayudar a diferenciarla o dibujarla. En el caso del huevo frito se parece bastante".



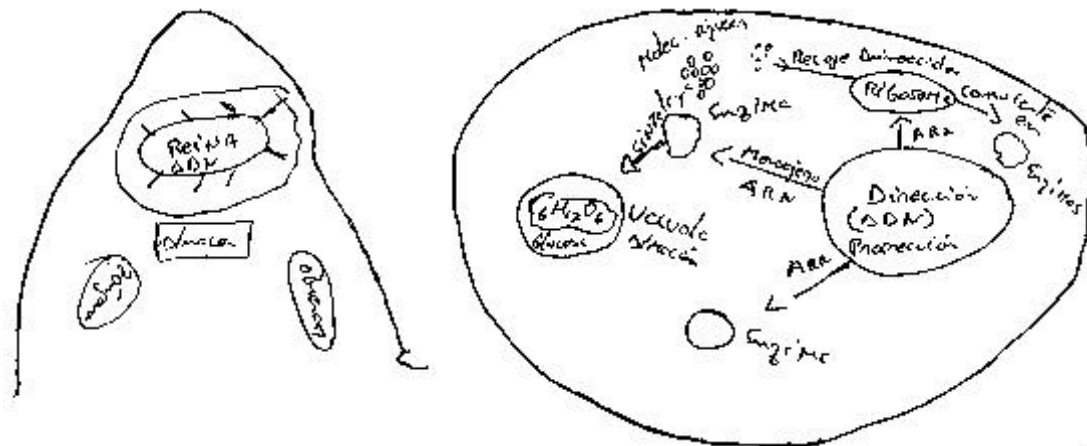
Necesita recurrir a alguna cosa que sea similar a algo que conoce, necesita una analogía como intermediaria entre esa entidad que pretende representar y su propia mente, necesita construir un análogo estructural del mundo que se le presenta para que represente, o sea, un modelo mental. Y ese modelo que representa, esa forma de “ver” o de entender la célula, como vemos en esta respuesta, es sólo estructural pues no da cuenta de su funcionamiento, atiende sólo a la estructura de la célula y lo hace de forma bastante limitada. Esta limitación contrasta con la profusión de elementos estructurales que considera y con la delimitación de sus ultraestructuras que plasma cuando lo que se le solicita es que ponga dentro de un círculo lo que considera pertinente si éste fuese una célula; su construcción es la siguiente:



Cuando se le plantea que responda con tres frases al funcionamiento celular, Víctor responde:

- Un complejo mecano, de fácil constitución que no necesita mecánico, o mantenedor, es autosuficiente.
- Es como un hormiguero, está todo perfectamente controlado, estructurado y organizado para dar lugar a un ser casi sobrenatural.
- Todas aquellas sustancias que recoge, es capaz de sintetizarla y extraer de ella toda su energía.

Y si se le enfrenta a la tarea de dibujarlo, lo que hace es:



Incorpora, como vemos, acciones que implican comportamiento (recoge, convierte, sintetiza) y dibuja, también, lo que para él es un análogo de dicho funcionamiento. Además añade:

"Es casi igual a un hormiguero, empresa de alimentación (o cualquiera) podría dibujarla como un hormiguero, explicando su parecido".

Si analizamos lo que Víctor comunica o plasma en este cuestionario en su conjunto, podemos llegar a la conclusión de que en este momento opera mentalmente con un modelo de célula que atiende a dos cosas distintas muy bien delimitadas: una que da respuesta a lo que son sus elementos estructurales que, como vemos, maneja en abundancia, y otra que se refiere a su comportamiento, a su funcionamiento, para lo que recurre a las analogías que hemos visto, unas ya plasmadas incluso por él mismo en clases anteriores y otras autónomas generadas en el momento de responder al cuestionario, analogías que le permiten hacerle frente a la demanda de explicarlo; pero ambas cosas, ambos esquemas tienen poco en común, por no decir nada. Esta construcción mental para hacerle frente a la célula es lo que hemos interpretado como modelo dual de la misma. No parece ser este modelo el que construye Víctor cuando se enfrenta al examen de Origen de la Vida (18-11-96) en el que no parece generar nada que dé cuenta del funcionamiento celular. Usa un lenguaje libresco producto de repetición mecánica que organiza en un discurso simple y pobre, mostrando, también, dificultades para establecer inferencias y deducciones que resultan ser pobres. Sólo hace referencia en todo el ejercicio a "flagelos" como elementos organulares, citando en términos moleculares sólo "moléculas", "sales minerales", "agua" y "nutrientes"; podría decirse que esto da cuenta de una estructura celular extremadamente pobre. Si observamos los conceptos que usa para explicar el funcionamiento, vemos que no echa mano de ninguno metabólico y sólo usa "ósmosis", "funciones vitales" y "mitosis"; evidentemente, su poder explicativo con esta extrema limitación conceptual es muy pobre. Pero no sólo, como ya se comentó, es muy pobre su capacidad explicativa, sino que lo es también su capacidad predictiva de la que esas pobres inferencias y deducciones son consecuencia. Un ejemplo lo vemos ante una pregunta que requiere pensar, razonar y aplicar en contextos diferentes los contenidos trabajados en el aula al respecto y que se considera prototípica de procedimientos como categoría de contenido.

- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.
 - ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría? ¿Tiene algún fundamento biológico?

" El agua del mar no sólo contiene agua, además contiene ClNa, I, K, Mg, etc es decir, sales minerales que nos ayudan a regular los procesos osmóticos. Existe una frase o refrán que dice: "lo que te hagas en la tierra te lo cura el mar". Y es precisamente lo que ocurre, precisamente por esas sales que contiene. El agua del mar además de eso está ionizada".

¿Pero qué es lo que entiende Víctor por célula en este momento? Ante la demanda de explicarla responde:

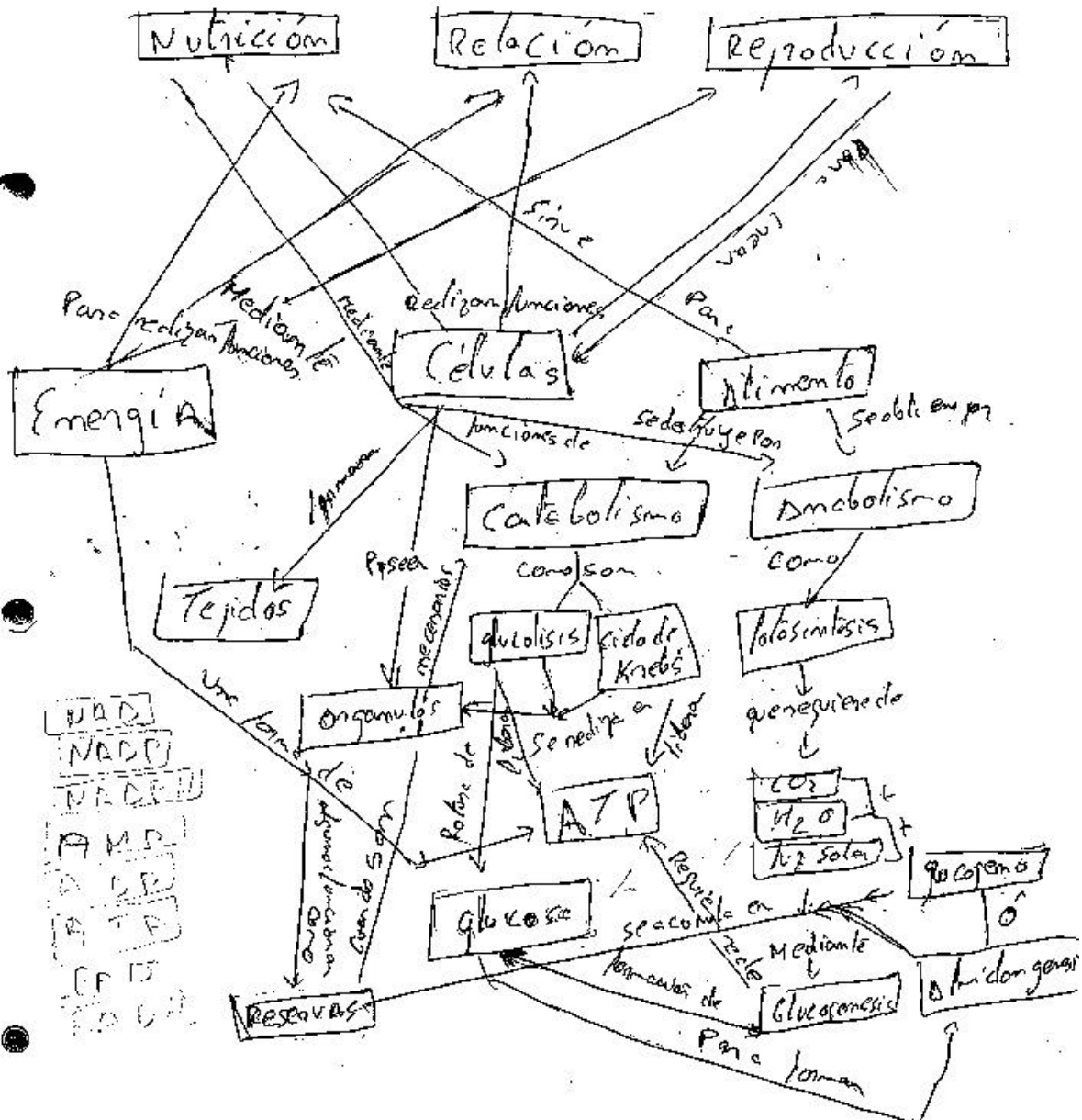
"Parte viva más elemental de un organismo vivo. Éste puede formar estructuras como los tejidos o bien puede formar un ser vivo ellas solas porque ellas son el ser vivo (bacterias, virus). Éste es capaz de realizar las funciones vitales y mantenerse ordenadas".

¿Hay razones, datos, para interpretar su forma de operar mentalmente con la célula como lo hemos hecho? Parece ante esto que sí; la célula para Víctor en este momento no es más que una estructura, una pobre y libresca estructura que contrasta con lo que había plasmado en el cuestionario inicial. Y no parece que cambien mucho las cosas cuando hace el examen de Glúcidos (9-12-96); se detectan, sin embargo, algunas diferencias. Incorpora o hace uso de algunos elementos organulares y moleculares más que en el ejercicio anterior y, sobre todo, añade todo un conjunto de procesos metabólicos que no había usado hasta ahora y que definen y explican el funcionamiento energético de una célula. En todo caso, el poder explicativo que genera Víctor con ellos es limitado, observándose que la representación que ha construido lo conduce a plasmar errores funcionales y ambigüedades y observándose, también, que cuando explica estos procesos, no hace referencia a las estructuras celulares en las que se llevan a cabo; se muestra, eso sí, un tímido intento por integrar tanto aspectos estructurales como funcionales, por operar mentalmente de manera conjunta con ellos y en ellos, para argumentar sus explicaciones. Veamos algunos datos en los que se apoya la presente interpretación.

- Razona las respuestas :
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *Las células vegetales tanto como las animales necesitan de "aire" para sus funciones metabólicas. Una precisa de O₂ y otras de CO₂; pero los animales crean una cadena de electrones, mientras que los vegetales obtienen el CO₂ para luego sintetizar su glucosa mediante la fotosíntesis. Para ambas existe un cambio de gases. Sí.*
- *Catabolismo heterótrofo- los animales heterótrofos rompemos a partir de moléculas orgánicas. Por tanto sí podemos hablar de ello.*
- *Catabolismo autótrofo- los vegetales obtienen su energía y productos a partir de materia inorgánica. Por tanto no existe catabolismo, sino anabolismo. Construye partiendo de lo más elemental sin necesidad de otro ser.*
- *La vegetal sin duda le sería muy difícil o imposible, pues no sólo su supervivencia depende de los glúcidos que sintetiza partiendo de CO₂ y H₂O por fotosíntesis. Sino que sus células están recubiertas por una pared celular de celulosa, que es un polisacárido.*
- *La animal, podría obtener energía de los lípidos pero debe ajustarse pues la energía que obtiene es principalmente de glúcidos. Podría hacerlo. Pero ambas podrían adaptarse a vivir sin glúcidos, podrían evolucionar si no hubiese otro remedio.*

El primer mapa conceptual que elabora Víctor (9-1-97) para explicar lo que sabe de la estructura y del funcionamiento celular responde a una selección arbitraria de conceptos ya que, por ejemplo, elige moléculas y, por el contrario, se echan en falta otros conceptos básicos, que une con nexos muy simples, como "sirve", "forman", "poseen", que dan lugar a proposiciones de escaso significado biológico, observándose una nula jerarquización de los mismos. Hacer el mapa conceptual supone un trabajo de abstracción que requiere pensar en el significado de los conceptos y plasmarlo a través de las conexiones que se establecen entre ellos; por ello es lógico pensar que podemos interpretarlo como "una imagen" (no en términos de Johnson-Laird), una forma gráfica de exponer lo que se piensa al respecto del contenido contemplado en el mismo. Podemos, pues, compararlo con otras producciones para ver de qué manera se produce la evolución cognitiva. Si volvemos a lo que Víctor ha hecho, llama poderosamente la

atención no sólo la descripción ya mostrada sino que, además, se produce una profunda descompensación en la utilización que hace de los conceptos que selecciona. Como elementos estructurales hace uso exclusivamente de "orgánulos", ¡muy genérico!, y de algunas moléculas, como ya se ha dicho, y casi todo el mapa se refiere a conceptos metabólicos. ¿Qué modelo de célula tiene Víctor cuando hace este mapa conceptual? ¿Piensa en estructura y piensa en funcionamiento? Lo que está claro es que no piensa en términos globales, no construye un modelo integrado y, a juzgar por lo que elabora, se diría que sólo piensa en uno de esos aspectos y que ni siquiera lo hace por separado en los dos. Su explicación del mapa da fe de ello ya que prácticamente no hace referencia a la estructura celular.



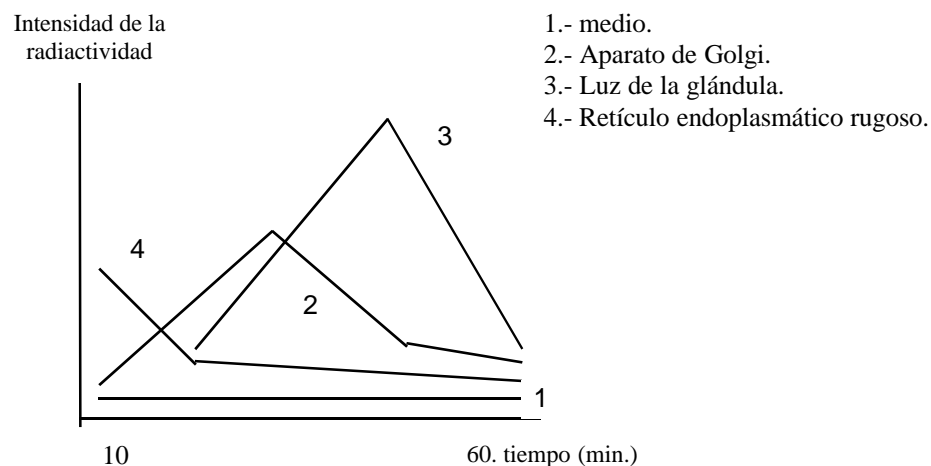
Del mismo modo que en el mapa conceptual anterior prácticamente no hace uso de estructuras y sólo refiere a funcionamiento, en el examen de Lípidos (26-2-97) sólo usa elementos estructurales y ¡ni uno funcional! ni en términos metabólicos ni en otros términos referidos a comportamiento; sólo hace uso de algunos conceptos muy generales, como "medio", "reacciones", etc, que, evidentemente, no capacitan a Víctor para explicar el funcionamiento celular, no le permiten o no lo dotan de poder explicativo al respecto. Y cuando observamos su poder explicativo en términos

estructurales, también vemos un modelo limitado en el que usa frases librescas articuladas simple y pobremente que son producto de repetición mecánica de la información que se ha trabajado en clase. En todo caso, parece manejar desde un principio, como veíamos en el cuestionario inicial, la idea de diversidad celular y esta peculiaridad de su modelo vuelve a plasmarse cuando explica en este examen lo que es una célula; como se verá, hace referencia a un cierto comportamiento pero de manera extraordinariamente débil.

"Célula: es una estructura compleja que está formada por moléculas orgánicas organizadas y que por sí misma se mantiene, gracias a las reacciones que en ella se suceden, así puede perpetuarse reproduciéndose y mantenerse a sí misma, pero que puede ser o no independiente siendo en casos una gran estructura complejísima como puede ser cualquier animal o planta; cada una de estas células se caracteriza además por poseer funciones diferentes y diferentes utilidades para la estructura que compone, no todas son iguales o igualmente funcionan, las hay con función específica y por supuesto dependen de otras, con función específica y casi todas dependen de todas".

Con un modelo que es básicamente estructural, como se ha argumentado y mostrado anteriormente, es evidente que la capacidad explicativa es baja, como bajo es también el poder predictivo que lleva a hacer inferencias y deducciones de manera muy limitada; eso es lo que muestra Víctor cuando se enfrenta a la actividad:

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo. Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

una actividad en la que necesariamente se requiere un modelo global, integrado, de estructura y de funcionamiento, una actividad que reclama causalidad en ese modelo a la hora de hacerlo rotar. Veamos cómo no es esto lo que ocurre en la respuesta que da Víctor.

"Está claro que una vez dentro de la célula, para nada importa el medio donde la célula se encuentra.

Entra al retículo endoplasmático donde se convierte en una proteína propia de el ser, de donde sale hacia el aparato de Golgi y es empaquetada para su posterior utilización en la glándula mamaria a medida de que ésta puede ser necesitada".

Parece fundada, pues, la interpretación sobre el modelo mental que ha generado Víctor ante este examen, parecen justificadas y apoyadas en los datos que sus producciones nos ofrecen, las inferencias y deducciones que hacemos sobre su modo de pensar en y con la célula, sobre su modelo; parece probado que opera en este momento con un modelo sólo estructural de la misma. Esa tónica es la que sigue plasmando Víctor cuando hace el examen de Proteínas (14-3-97), mostrando nuevamente un uso repetitivo de la información, una información que ordena según un discurso simple y pobre resultado de unir frases librescas que tienen un bajo grado de elaboración personal. Sin embargo, se observa un cambio con respecto a lo anterior; como se recordará, el examen de Lípidos mostró la sorpresa de la ausencia total de conceptos que dieran cuenta del comportamiento celular, de su dinámica, o sea, de aquello que, en el fondo, define a esta entidad como estructura viva y, por el contrario, en éste se observa el recurso, la necesidad por lo que se ve, de echar mano de conceptos que atienden a dicho comportamiento. Podemos deducir que su poder explicativo es mayor ya que necesita usarlos para dar cuenta de esta compleja estructura, de esta complicada entidad, y que ese poder explicativo es, cuanto menos, más biológico, más aceptable desde el punto de vista científico, pues recurre a un doble esquema: estructura por un lado, y funcionamiento por otro. Ya su célula o, para ser más precisos, en este momento su célula no es el huevo frito del que hablaba en el cuestionario inicial ya que hace cosas que suponen un funcionamiento determinado. Está claro que tiene un modelo más evolucionado, más explicativo y más predictivo, pero sigue siendo un modelo limitado, un modelo en el que le resulta difícil establecer relaciones causa/efecto; en todo caso, se observa que, por lo menos, piensa en un doble nivel estructural/funcional. Un ejemplo puede ser lo que responde ante la pregunta:

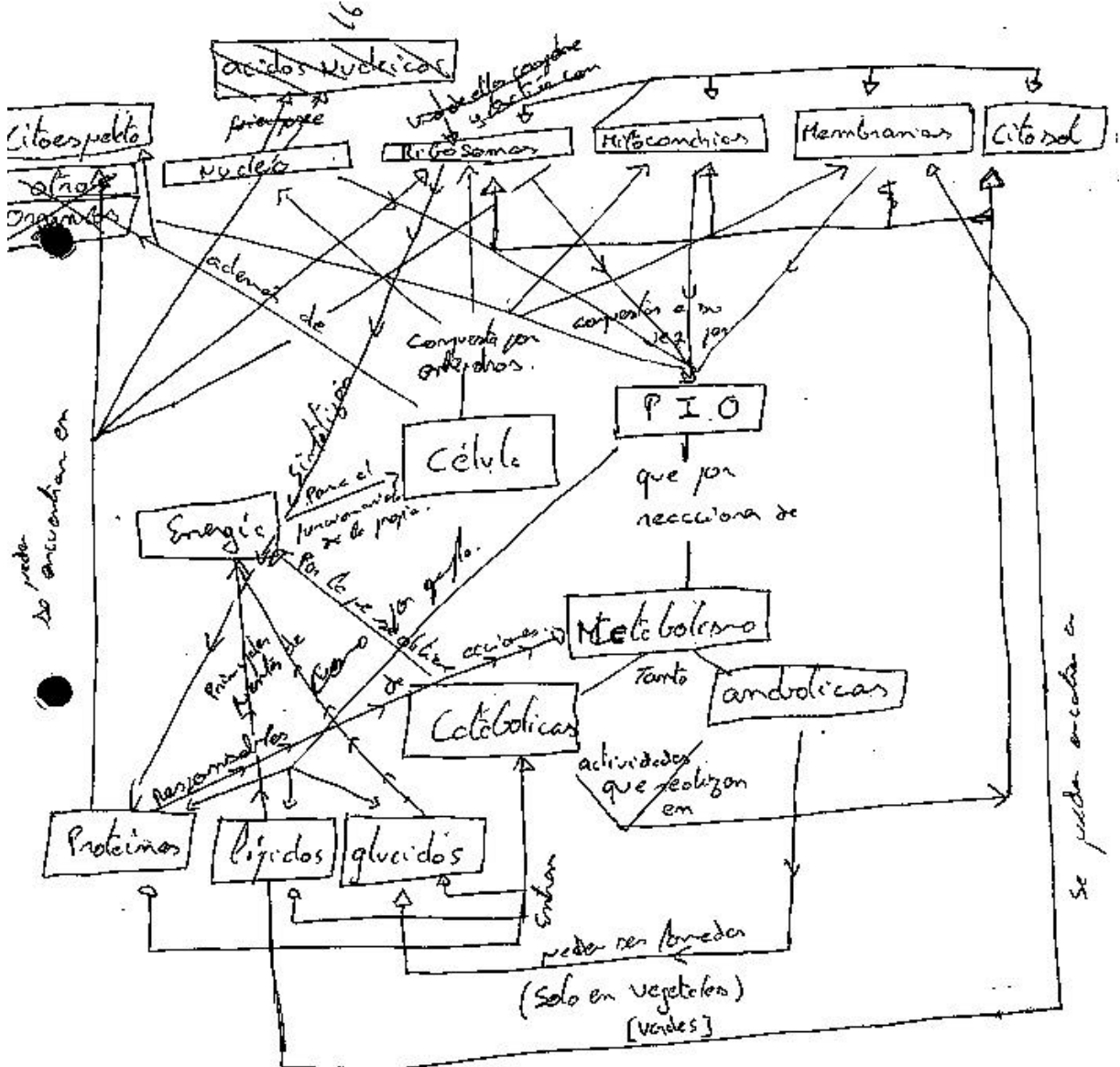
- ¿Qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas ?.

"Los enzimas son los responsables de todas las reacciones químicas que se realizan en la célula, éstos actúan tanto acelerándolas, o facilitándolas, la síntesis proteica necesita de la transaminasa, una (enzima) para que el ARN pueda copiar el ADN y salir del núcleo. Éstos son capaces de realizar la catálisis a 37 °C de una proteína que posee enlaces que los rompe a 300 °C.

Por otra parte, si éstos no fuesen solubles no podría(n) disolverse en el citosol para realizar estas funciones. Tampoco sería necesario para los orgánulos celulares poseer una doble membrana, puesto que sin éstos estaría de más, dado que si esta membrana de protección no existiese la célula se autodigeriría gracias a sus propios enzimas".

Este modelo dual no es precisamente el que construye Víctor ante la demanda de hacer otra vez un mapa conceptual (1-4-97) que refleje lo que sabe de la estructura y del funcionamiento celular, pero en esta ocasión se limitó el número de conceptos a quince. La sola observación del mapa que construye muestra las dificultades de Víctor para plasmar su modelo; ¿dificultades para plasmarlo o dificultades y limitaciones en su propio modelo? Selecciona arbitrariamente conceptos, por ejemplo -adjetivos-, si bien incorpora tanto estructurales como funcionales (es cierto, en todo caso, que éstos últimos son excesivamente genéricos) que une con nexos simples que dan lugar a proposiciones poco significativas; las dificultades de jerarquización son evidentes. La

complejidad y caos del mapa que elabora contrastan con la breve explicación que hace del mismo en la que sí que parece haber una idea global de lo que es una célula, un modelo integrado, limitado en el uso de conceptos específicos y, consecuentemente, limitado en su poder explicativo, pero que responde a cierta globalidad.



"La célula es un entramado impresionante. Esta posee orgánulos que la ayudan para sintetizar los principios inmediatos orgánicos que luego la constituyen y constituyen a su vez a los propios orgánulos. La célula construye o destruye a su antojo según necesite bien para obtener energía directamente (glúcidos) o bien para obtener de él (P.I.O.) un beneficio a mayor plazo como el caso de los lípidos, no siempre siendo un fin de carácter energético, pues estos P.I.O. pueden ser utilizados para membranas, ribosomas y demás componentes celulares que luego ayudarán a la célula en la obtención de más de éstos o para favorecer las reacciones que en ella se llevan a cabo".

¿Qué pasa cuando hace el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97)? ¿Qué modelo de célula tiene en su mente en este momento? La pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos? Razona la respuesta.

nos da la respuesta; es evidente que su modelo lo dota de un limitado poder predictivo y explicativo. Tiene algunas ideas sueltas que no es capaz de integrar en un modelo articulado, en un cuerpo teórico consistente que le permita comprender ese funcionamiento celular que le limita, incluso, su revisión recursiva, su capacidad de rescatar adecuadamente lo que ya fue trabajado y de reconciliarlo, de integrarlo en ese modelo más explicativo, más causal que Víctor no ha construido.

"El RNA es copia del DNA, el DNA posee la información genética, que pasa al RNA (un gen una proteína).

En un gen está la información necesaria para la formación de una proteína y los genes son porciones de DNA.

Hemos visto en temas anteriores la importancia para la célula que posee las proteínas y además los ribosomas están formados por RNA ribosómico, pero es otra variedad de RNA.

La información genética contenida por el DNA es fundamental para la célula, de esta información depende su actividad biológica, no sólo para la proteína que ésta pueda sintetizar por medio del RNA".

Las deducciones sobre su modo de operar mentalmente ya planteadas parecen ante esto fundadas; ni tan siquiera podemos decir que su discurso es simple y pobre porque ¡no existe discurso! Sino un conjunto de frases sueltas sin hilo conductor ninguno y, además, son frases que resultan como producto básicamente de repetición mecánica de la información que facilitan los libros de texto o de la que se ha trabajado en clase. Vemos, además, que establece con dificultad deducciones, lo que se interpreta como una consecuencia del modelo que ha generado ante la demanda, un modelo en el que hace tímidas referencias a la actividad celular y en el que usa con bastante más profusión elementos estructurales. En todo caso, hemos de admitir que su modelo ha evolucionado, hemos de reconocer que Víctor procura ampliar su capacidad explicativa y predictiva, procura contemplar distintos aspectos y la respuesta también podría considerarse un ejemplo de ello. Y esto es también lo que se observa cuando hace su interpretación del símil de una célula (13-5-97); sus frases son más elaboradas, si bien las articula sin hilo conductor y, de cualquier manera, repite mecánicamente mucha información. En todo caso, su interpretación da muestras de esos intentos de integración de los que antes se hablaba.

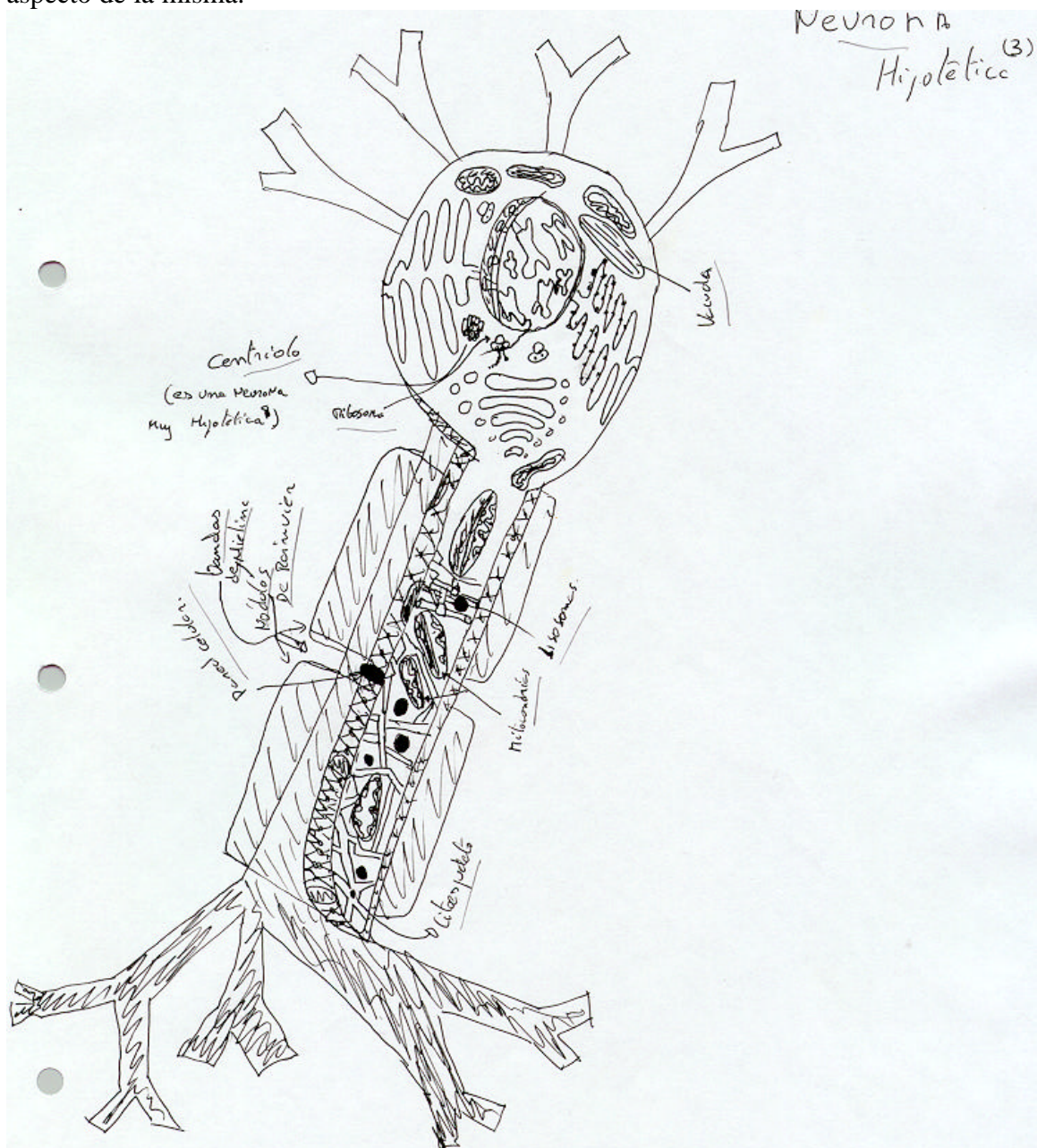
"Da cierta idea de cómo es una idea, a aquel que no sabe cómo es, pero ¿y el aparato de Golgi?, El funcionamiento celular es pura química, todo lo que en ella ocurre es gracias a reacciones químicas y las propiedades químicas de las moléculas que lo componen.

El paso de los nutrientes no se lleva a cabo por un sistema de puertas para abrir o cierre sino es un transporte que se realiza engullendo a éstos y luego trasladándolos al interior o a hacerlo pasar a través de unos mensajeros, proteínas, cuya síntesis se lleva a cabo por un orgánulo que gracias a un código, que recoge de la información genética, otro código se organiza y se forma la nueva proteína a partir de sus elementos constituyentes que son seleccionados por unos enzimas también proteicos, selección que se realiza por la complementariedad de los extremos de ésta, o el de otro código que se encarga de llevarle el código del ribosoma para que pueda ser leído.

En la representación del dibujo, sólo se aprecia, la síntesis de proteínas, pero éstos no aparecen forma de la propia célula y a los propios orgánulos, sino como el producto de éstos, que son representados como obreros, en ningún caso aparece otra posible molécula con la importancia de las proteínas como por ejemplo glúcidos y lípidos, tampoco las sales minerales del citoplasma, que se encarga de regular la concentración dentro de la célula y que favorecerá el paso de nuevas sustancias a través de la membrana. Tampoco aparece en el dibujo la función de defensa que posee la célula, no hay "seguritas" como los que posee la célula, ni siquiera a donde va el humo que sale de la chimenea de la fábrica.

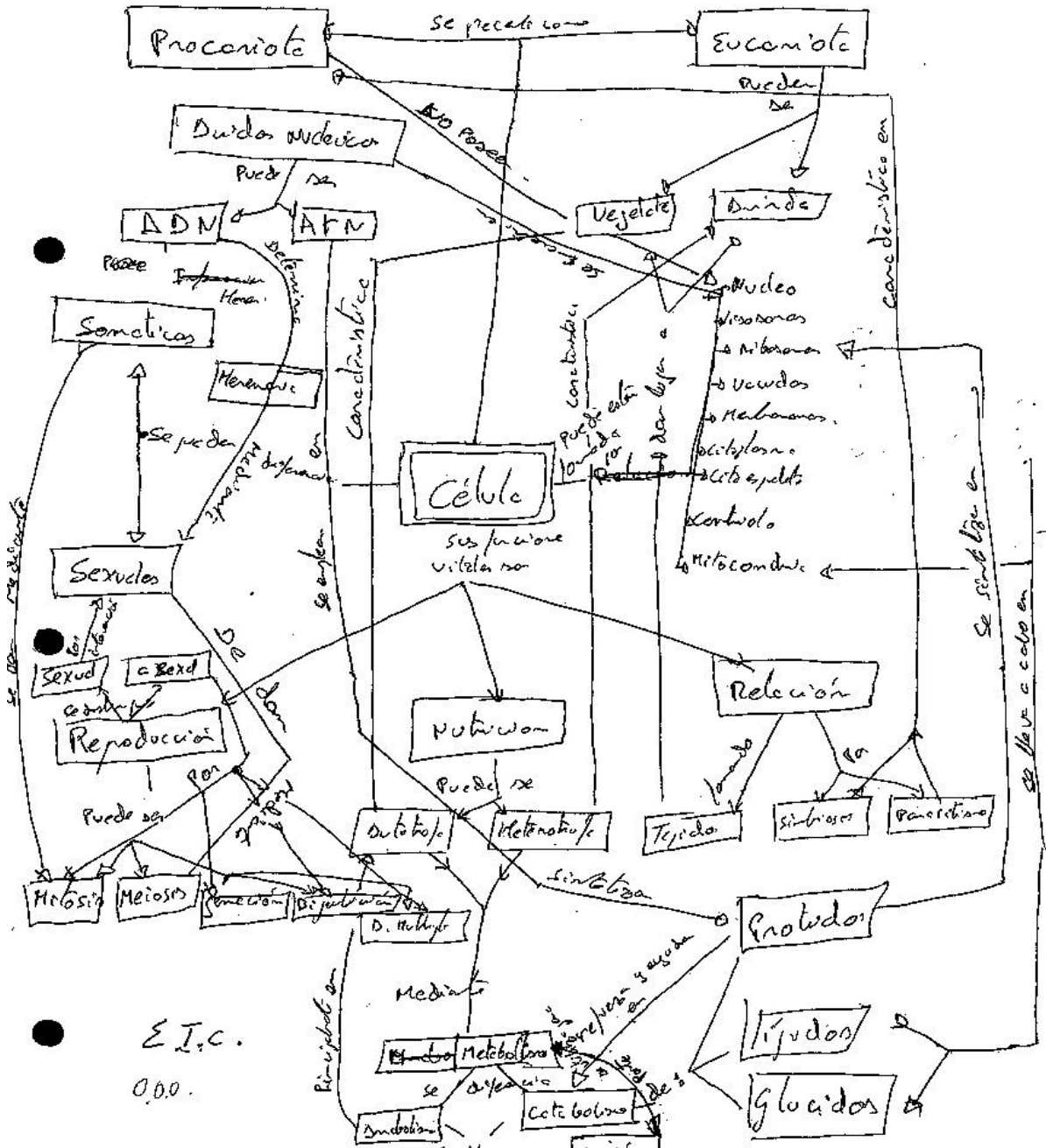
Pero da una idea general de cómo se estructura la célula, un órgano regulador de todas las funciones (núcleo), otra de la obtención de [...], etc ...".

Si analizamos el dibujo que se le solicita para plasmar la estructura y el funcionamiento de una célula (19-5-97), vemos que responde a un diseño muy personal que está muy lejos de ser característico de los libros de texto; Víctor siente predilección por la neurona como célula, como ya se ha mostrado, y aprovecha esta ocasión para plasmarla. Pero vemos que se trata de un dibujo simple en el que no se observa nada más que la identificación de algunas estructuras celulares, no imprimiendo a esta compleja y dinámica entidad de ningún carácter comportamental. Su mente, pues, opera con la estructura de una célula y sólo con ella, no considerando ninguna otra vertiente o aspecto de la misma.



El último mapa conceptual (21-5-97) de Víctor vuelve a ser curioso pues se observa un caos importante en el que, en todo caso, pueden delimitarse débilmente algunas subjerarquías, e incorpora abundantes conceptos relativos a funcionamiento, tanto metabólicos como de otra naturaleza, pero ¡no selecciona ningún orgánulo! como tal, es decir, con categoría de concepto, sino que los añade en un lateral como un

apéndice. De todos modos, se plasma un modelo de célula que vuelve a ser dual ya que opera en un nivel con moléculas y orgánulos y en otro con procesos y funciones vitales, estableciendo pocas conexiones entre ambos. Veamos el mapa conceptual.

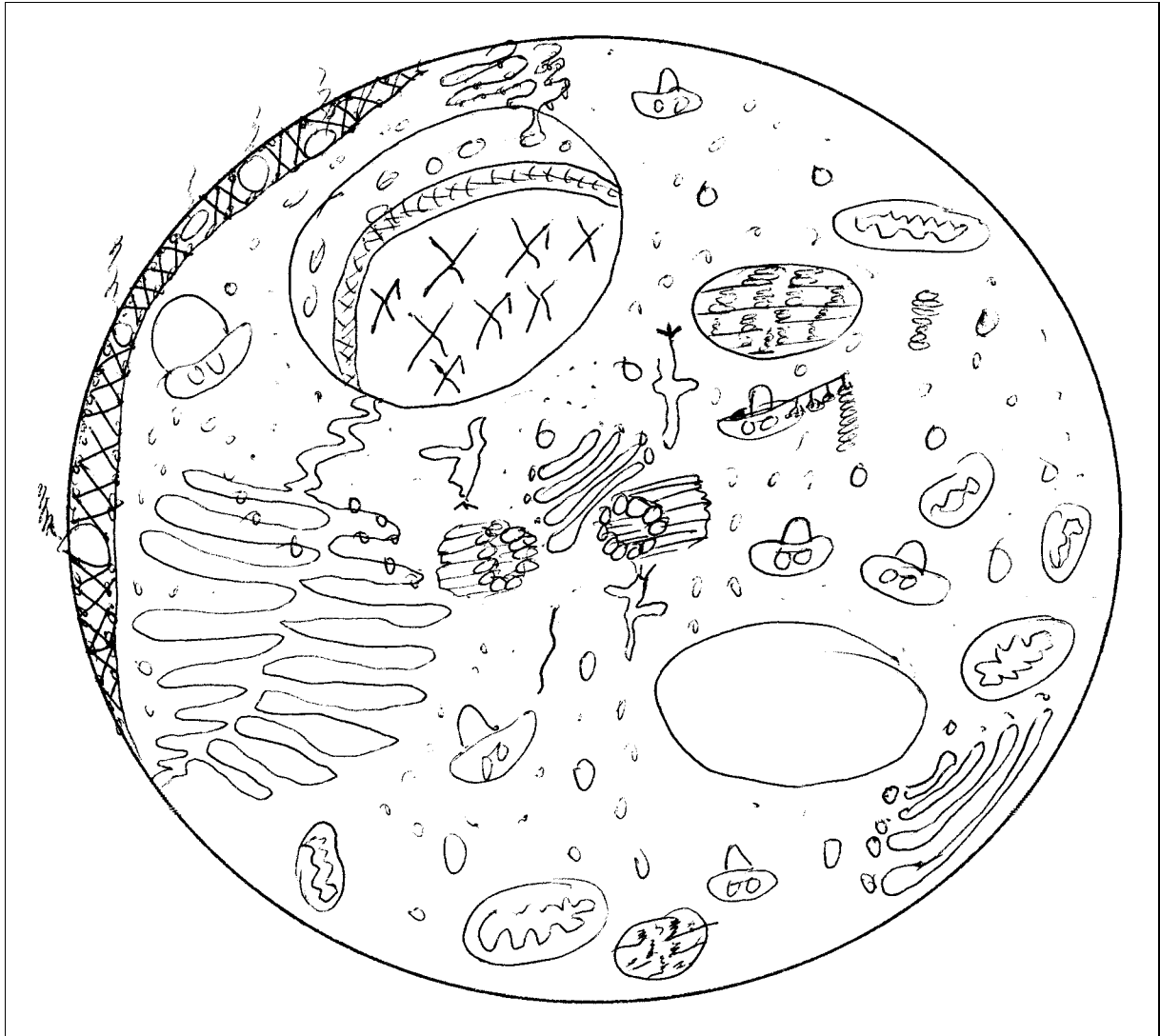


El cuestionario final (29-5-97) nos permite comparar este momento con el inicio del curso ya que es el mismo; en él Víctor usa frases cortas muy librescas, mostrando dificultades para hilvanarlas en un discurso coherente. Un ejemplo de ello lo tenemos en lo siguiente:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?
- Realizar sus funciones vitales por sí sola.
- Las moléculas orgánicas que la componen.

- *Las reacciones químicas que se llevan a cabo por y para la obtención de nuevas moléculas orgánicas, dirigidas y facilitadas por moléculas orgánicas.*

Su célula es básicamente estructural, hace funciones vitales y reacciones químicas (¡que no deben tener nada que ver entre sí!) pero es estructural, a juzgar por lo que hace cuando se le señala un círculo y se le pregunta qué pondría dentro si fuese una célula.



¿Es sólo una estructura? Víctor reconoce y advierte que hay una forma concreta y específica de funcionar que es característica de una célula, una forma que en octubre fue capaz de plasmar de manera gráfica y para lo que recurrió a varias analogías, pero que ahora no muestra gráficamente; cuando se le pregunta:

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?

echa mano de discurso, de texto y no comunica gráficamente dicho funcionamiento; tampoco recurre a analogías para ampliar su poder explicativo. ¿No lo hace porque tiene un modelo más explicativo, más seguro, o, todo lo contrario, porque es menos potente hasta el extremo de no generar un análogo para esta situación? Veamos lo que responde.

"Deberíamos relacionar las distintas funciones que se realizan en cada orgánulo relacionando a éstos entre sí, así obtendríamos una idea de la enorme complicación que tiene, y la dependencia de los unos de los otros, especificando todas las reacciones químicas que tienen lugar en ellos y ella".

En la entrevista que se le hace al final de curso (4-6-97) el diálogo resulta denso y difícil de comprender. Usa frases entrecortadas que no acaba y que son propias de libros de texto; ¡no hay discurso!, no hay organización y estructuración de las ideas, cuanto menos, en lo que comunica, llegando al extremo de que a veces ni se le entiende. Muestra muchas dificultades para interpretar una foto de microscopía electrónica e incluso lo que ve no se le parece a una célula.

Víctor : la verdad es que esto, ¡psch ! esto, una célula ... no parece ... ¿sabes ? todas las que hemos visto ... al ser bastante hipotéticas..., ¡bastante hipotéticas !... Cuando te ves otra, si te encuentras una, una célula [...] una neurona, son todas diferentes [...] ; te encuentras con esto y dices ¡a ver ! esto qué tipo de célula es porque ...

ML : sí, ¿qué es ? ... ¿qué identificas ?

Víctor : lo que son todos estos planitos, tiene un montón ... por aquí tiene [...] ... y esto a ver, ... esto, lo veías tú, cuando habíamos visto microscopía, ¡jem ! como había visto microscopía ésta sí parecía ..., aparecía como retículo endoplasmático, esto de fuera ; ... trocitos chicos pero no creo.

ML : podría ser.

Víctor : es como un retículo endoplasmático, se ve bastante bien. ... Creo, sí, esto grande sería el núcleo, ... entonces esto es retículo.

ML : ¿qué hace que tú pienses que estas cosas son los núcleos ?

Víctor : al ser más grandes y estar rodeados por lo que son, el retículo endoplasmático, pues ya sabes dónde se encuentran y en algunas partes [...] el error de ... lo de la fotocopia esta.

¿Tiene algún modelo de célula Víctor en este momento en su mente? Ya hemos visto las características de su lenguaje, sus verbalizaciones; éstas nos dan pie para pensar que efectivamente maneja un esquema estructural en su cabeza que da cuenta de una vertiente, de una parte de esta entidad, pero que no es la que la dota de su carácter de unidad viva. Y parece ser, también, que ha desarrollado algunas ideas sueltas, algún conocimiento sobre su diversidad de formas y de funciones, algún conocimiento, también, sobre esto último pero de una manera extraordinariamente genérica. La célula para él no es lo que hemos estudiado a lo largo de todo el curso; ¿pero qué es, entonces? Veamos lo que él dice al respecto.

ML : ¿te está costando aplicar lo que hemos estudiado a la interpretación ?

Víctor : no ; creo que nosotros hemos estudiado no entra, lo que nosotros hemos estudiado más bien es ...

ML : que lo que hemos estudiado no entra.

Víctor : son pequeñas hipótesis sobre por qué esto, por qué entra aquí y no entra [...]

ML : ¡aja !

Víctor : [...] Debía tener vacuolas porque ... el hígado también ..., también funciona como un almacén, son todos estos puntos negros.

ML : podría ser, podría ser ; bueno, vamos a dejar la interpretación. ... ¡Aaahhh ! ¿me puedes decir ... cómo te has ido sintiendo al ir estudiando célula, a lo largo del curso donde más nos hemos centrado es en célula ; dime sensaciones.

Víctor : al principio, al principio me gustaba ; digo ¡esto es !, pero luego ya llegaba ... cuando, ... terminando encontrabas lo que era la foto de la célula ; en todos los pósters aparecía célula hipotética, célula hipotética eucariota.

ML : célula hipotética eucariota, ¿qué pesada, ML ! ¿no ?

Víctor : te ponías a mirarla y digo : bueno, probablemente no haya en el cuerpo ninguna igual que ésta ... pero yo creo que ésta es la única que va estar. (Risas).

Víctor : porque si lo tiene todo y las demás ¿qué ? ... Funcionan de una manera diferente ; he visto ésa con los tres núcleos ... no, una célula ... no, yo creo que esto no se asemeja ; se hace una idea, se hace una idea de cómo funciona y creo que, que bastante hay [...]

ML : te decepcionó.

Víctor : sí, al final ... a medida que vas avanzando, vas sabiendo más o menos cómo funciona cada una pero no cómo funciona lo que es la neurona en sí, es bastante diferente a lo que es la muscular o la propia epitelial ... así que ...

ML : pero hablábamos de eso.

Víctor : al ser todas tan diferentes, yo creo que ésa hipotética no vale más que pa hacer una idea pero para saber lo que es una, una célula tendrías que ir una por una y así ¡ssuuss !

A lo largo del curso, y si atendemos a la evolución conceptual, vemos que es un hecho que maneja un mayor número de conceptos, si bien de la manera en la que se ha expuesto y ejemplificado, fundamentalmente relacionados con estructuras, aunque también con moléculas constituyentes y, en menor medida, con procesos celulares; en términos metabólicos, por ejemplo, la incorporación es bastante limitada. ¿Qué hace con todo esto Víctor? ¿Qué modelo genera? ¿Cuál es el modelo mental que domina en su estructura cognitiva y condiciona lo que hace con estos conceptos? Víctor opera a lo largo del curso básicamente con un modelo de célula tipo A, es decir, un modelo de estructura de la misma, modelo en el que hay muy poca o nula incorporación de conceptos metabólicos o relativos a procesos celulares; de hecho, sólo se queda con la existencia de las funciones vitales (nutrición, relación y reproducción), que usa desde un primer momento, y con los procesos generales de metabolismo, anabolismo y catabolismo que son los que añade y que ni tan siquiera usa de manera significativa ni en muchas ocasiones. Enriquece, eso sí, su modelo de estructura incorporando más elementos de los que consideraba en un principio pero, como vemos, tiene dificultades para delimitar las propiedades y características de esos elementos estructurales, tanto en un nivel molecular como en lo que a orgánulos se refiere, y eso lo conduce a tener dificultades para establecer relaciones e interacciones que permitan comprender el funcionamiento celular, o sea, los procesos que definen biológicamente el concepto "célula". Incorpora, como vemos, algún concepto metabólico pero sin llegar a construir un modelo general de funcionamiento, operando para el mismo en un terreno proposicional. Llama la atención, en todo caso, que este alumno comienza estableciendo algunas analogías para explicar la célula que no vuelve a utilizar a lo largo de todo el curso y, como se recordará, las analogías son elementos intermediarios en la comprensión; podría pensarse, por lo tanto, que efectivamente esa comprensión sólo atiende a la estructura y que es bastante limitada en lo que a funcionamiento se refiere, lo que corroboraría que para el mismo opere mentalmente, como decíamos, en un terreno proposicional y la ausencia de analogías.

ANEXO N° 6:

ÁLVARO

NOMBRE: Álvaro

CURSO: COU A

FECHA: 6-6-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, ácidos nucleicos, información, núcleo, nucleolo, vacuolas, vida, reacciones químicas, nutrición, relación, reproducción, proteínas, aparato de Golgi, ribosomas, mitocondrias, nutrientes, centriolos, citoplasma, cromosomas, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, membrana citoplasmática, ADN, ARN, desecho.	Célula, orgánulos, membranas, relación, reproducción, nutrición, seres vivos, catabolismo, energía, ácidos nucleicos, núcleo, procesos anabólicos, síntesis de proteínas, información, desecho, proteínas, lípidos, glúcidos, mitocondria, centriolos, nucleolo, cromatina, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, vacuola, aparato de Golgi, cloroplasto, nutrientes, transporte, membrana plasmática, secreción, citoplasma, endocitosis, lisosomas, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, ADN, ARN, mitosis, meiosis, sobrecruzamiento, variabilidad, moléculas.	Funciones, seres vivos, medio, vida, orgánulos, célula, nutrición, relación, reproducción, autonomía, organismo, energía, organización, entropía, catabolismo, anabolismo, molécula, ósmosis, degradación, síntesis, membrana plasmática, recombinación, gametos, óvulo, espermatozoide, nutrientes, endocitosis, exocitosis, núcleo, nucleolo, retículos, mitocondrias, vacuolas, cromatina, síntesis proteica, sales.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal (¡aunque son frases cortas!)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 6)	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej. Preg. 6)	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso (2º y 3º) no uso (1º)	<ul style="list-style-type: none"> • glúcido: azúcar, molécula cristalina. • Proteína: molécula mayor. • Lípido: un gusanito -molécula. • Ácido nucleico: molécula gigantesca. • Energía: luz. • Célula: globito. • Catabolismo. Moléculas que se parten. • Meiosis: una célula dividiéndose. • Reproducción: recombinación, gametos -dibujos de libros ¡más bien el proceso! • Nutrición: nutrientes entrando por la membrana. • Relación: la membrana.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	* ácidos nucleicos. Número de serie. Extrabiol./autónoma.	No se detectan	No se detectan (sólo lo que se observa en las imágenes)

- ¡Me acabo de sorprender conmigo misma! Es la una de la mañana, acabo de ver una película que se desarrolla en Río -una historia de amor que acaba bien- y: he fijado las categorías "a posteriori" pero realmente y sin saberlo ni pensarlo, he hecho lo que había que hacer: inferencias y deducciones: pregunta 4 del cuestionario; frases de libro o elaboración personal: pregunta 3. ¡En fin! Debo ser un genio o debo necesitar subir mi autoestima.
- ¡Es curioso!: y creo que relevante: todo lo ha referido (en las imágenes) a célula, bien a nivel molecular o a nivel celular o de orgánulos.
- Su imagen se parece a la foto de M.E.. Su imagen tiene color. La foto "responder sí responde a su modelo pero la claridad de la imagen nooo". Tiene un conocimiento adquirido que puede aplicar y lo ha adquirido por imágenes.
- Pág. 9-A: imagen dinámica: se pueden ver las moléculas cómo se descomponen. En funcionamiento, ¡ve catabolismo y anabolismo! Dice que tiene un modelo global de la estructura y del funcionamiento.
- En pág. 11-A: vuelve a decir que incorpora conocimiento por los dibujos.
- En pág. 14-A: "lo que es los procesos ... plasmar en dibujos".

NOMBRE: Álvaro

CURSO: COU A

FECHA: 6-6-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Sangre, glúcidos, oxígeno, lípidos, proteínas, sales, célula, fotosíntesis, fotosintética, bioquímica, glucosa, neoglucogénesis, clorofila, ciclo de Calvin, glucólisis, ácido pirúvico, ATP, hialoplasma, agua, gliceraldehído-3-fosfato, mitocondrias, ATP, NADP, dihidroxiacetona-3-fosfato, cadena de electrones, ciclo de Krebs, hialoplasma, ATP, H ₂ O, ATP, electrones, glúcidos, aminoácidos, lípidos.	Citosol, membranas, endomembranas, mitocondrias, cloroplastos, célula, ácidos nucleicos, agua, sales minerales, proteínas, glúcidos, lípidos, catabolismo, anabolismo, energía.	Membrana plasmática, ácidos nucleicos, cloroplastos, exocitosis, endocitosis, glúcidos, ADN, ARN, información, lípidos, retículo endoplasmático, célula, núcleo, CO ₂ , ribosomas, agua, aparato de Golgi, Acetil-CoA, hialoplasma, lisosomas, proteínas, mitocondrias, sales, ciclo de krebs, fosforilación oxidativa, enzimas, vesículas de endocitosis, energía, vacuolas digestivas.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (repetición, irrelevancia)	Adecuada y consistente	Arbitraria (Ej: CO ₂ , vesículas de endocitosis)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Simples (Ej: de la, del, o no se entiende)
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Débil (Ej: conexión floja de subjerarquías)	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No se detectan	No se detectan	No se detectan
	Explicación larguísima pero no del mapa sino de metabolismo; explica algunas cosas de propiedades del agua al principio. Es repetición mecánica de información	No lo explica	

NOMBRE: Álvaro

CURSO: COU A

FECHA: 6-6-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, citoplasma, enzimas, lisosomas, vacuolas, degradación energía, moléculas, mitocondrias, retículo endoplasmático, ribosomas, proteínas, núcleo, ácidos nucleicos, lípidos, glúcidos, síntesis, orgánulos, información, agua.	Biomoléculas, proteínas, enzimas, energía, reacciones, transporte, fotosíntesis, ósmosis, células, sales minerales, seres vivos, relación, reproducción, procariótica, eucariótica, animales, vegetales, vida, orgánulos, materia, agua, organismos, funciones metabólicas, plasmólisis, turgencia.	Glúcidos, proteínas, lípidos, organismo, moléculas, energía, metabolismo, autótrofo, heterótrofo, catabolismo, ATP, cloroplastos, membrana, fotosíntesis, tilacoides, fermentaciones, glucolisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones, fosforilación oxidativa, respiración, células, neoglucogénesis, matriz mitocondrial, coenzimas, aminoácidos, nucleótido, enzima, mitocondrias, condrioma, crestas mitocondriales membrana mitocondrial interna, ADN, ribosomas, transporte, ciclo de Calvin-Benson, mitosis, grana, estroma, ácidos grasos, información, replicación, materia, monosacárido.	Membrana plasmática, nucleolo, núcleo, aparato de Golgi, mitocondrias, vesículas, secreción, lisosomas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, crestas mitocondriales, proteínas, enzimas, degradación, síntesis, moléculas, energía, orgánulos, animal, vegetal, cloroplastos, fotosíntesis, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, célula, desecho, digestión, lípidos, transporte, retículo endoplasmático, endocitosis, aminoácidos.	Proteínas, membranas plasmáticas, metabolismo, enzimas, centro activo, aminoácidos, holoproteínas, apoenzima, grupo prostético, coenzima, secuencia, especificidad, lisosomas, energía, reacciones químicas, organismo, digestión, síntesis proteica, traducción, transcripción, activación, núcleo, ADN, ARN mensajero, hialoplasma, citosol, ARN transferente, ribosomas, células, inmunidad, anticuerpos, antígenos, linfocitos, fagocitos, agua, sistema inmunitario.	Herencia, gametos, autosoma, cromosomas, euploide, haploides, diploides, aneuploidía, genes, mutación, meiosis, sobrecruzamiento, ligamiento, loci, variabilidad genética, seres vivos, reproducción asexual, mitosis, núcleos, reproducción sexual, organismos, fecundación, células, información, energía, sexo, vegetales, ADN, molécula, ARN, nucleósidos, nucleótidos, ácidos nucleicos, síntesis proteica, ARN mensajero, ARN transferente, aminoácidos, ARN ribosómico, homocigóticos, proteínas, codominancia, herencia intermedia, delección, duplicación, traslocación, inversión, profase, paquiteno, diploteno, fenotipos.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: 1º párrafo del ciclo de Krebs)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (pero con problemas de expresión)	Simple y pobre (y creo que guarda relación con inferencias pobres)	Coherente y con aplicación (pero con problemas de expresión)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Repetición mecánica (Ej: preg. 8 y 9)	Repetición mecánica (Ej: ciclo de Krebs)	Organización autónoma (Ej: permeabilidad)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: 1ª parte de la preg. 2 -comenta cosas dadas en glúc.- o preg. 4 -cosas dadas en prot.)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso (no se refiere al dibujo)	No uso	No uso	No uso	Uso (muy pobre de esquemas)	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobre (ninguna desde el dibujo)	Pobres (Ej: preg. 6)	Elaboradas	Elaboradas	Pobres (Ej: preg. 5 y 6 -escribe mucho pero nada)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Álvaro

CURSO: COU A

FECHA: 6-6-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> no nombra nada en el primer dibujo. <p>Entrada, salida, sustancias, membrana, desecho, vacuolas, aparato de Golgi, depósito, transformadores, núcleo, retículo endoplasmático liso, centriolos, citoplasma, cromosomas, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, mitocondrias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> no dibuja en el primero. <p>Energía, síntesis proteica, síntesis lípidos, glúcidos, moléculas simples, información, moléculas complejas, productos desecho, mitocondria, centriolos, núcleo, nucleolo, cromatina, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, ribosoma, vacuola, aparato de Golgi, cloroplasto.</p>	Célula animal, vegetal, transporte, ARN transferente, aminoácido, glucolípidos, lipoproteínas, proteínas, cloroplasto, energía, ARN, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, aparato de Golgi, mitocondria, reserva, vacuola, exocitosis, lisosomas, endocitosis, degradación, biomoléculas, luz.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal (el 2º no tanto)	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	<p>1º.- sólo dibujo; no identificación. 2º.- identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases. 3º.- identificación</p> <ul style="list-style-type: none"> en líneas generales: identificación. 	<p>Identificación (2º)</p> <p>identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y notaciones no verbales (flechas). (muy esquemático ¡¡!!)</p>	Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y notaciones no verbales (flechas).
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos (el de funcionamiento, 2º, no es estático pero es muy simple)	Complejo-dinámico (a través de las flechas que señalan secuencia de procesos)

NOMBRE: Álvaro

CURSO: COU A

FECHA: 6-6-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, ácidos nucleicos, información, núcleo, nucleolo, vacuolas, vida, reacciones químicas, nutrición, relación, reproducción, proteínas, aparato de Golgi, ribosomas, mitocondrias, nutrientes, centriolos, citoplasma, cromosomas, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, membrana citoplasmática, ADN, ARN, desecho.
Origen de la vida 18/11/96	Biomoléculas, proteínas, enzimas, energía, reacciones, transporte, fotosíntesis, ósmosis, células, sales minerales, seres vivos, relación, reproducción, procariótica, eucariótica, animales, vegetales, vida, orgánulos, materia, agua, organismos, funciones metabólicas, plasmólisis, turgencia.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Sangre, glúcidos, oxígeno, lípidos, proteínas, sales, célula, fotosíntesis, fotosintética, bioquímica, glucosa, neoglucogénesis, clorofila, ciclo de Calvin, glucolisis, ácido pirúvico, ATP, hialoplasma, agua, gliceraldehído-3-fosfato, mitocondrias, ATP, NADP, dihidroxiacetona-3-fosfato, cadena de electrones, ciclo de Krebs, hialoplasma, ATP, H ₂ O, ATP, electrones, glúcidos, aminoácidos, lípidos.
ex. GLUC. 20/1/97	Glúcidos, proteínas, lípidos, organismo, moléculas, energía, metabolismo, autótrofo, heterótrofo, catabolismo, anabolismo, ATP, cloroplastos, membrana, fotosíntesis, tilacoides, fermentaciones, glucolisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones, fosforilación oxidativa, respiración, células, neoglucogénesis, matriz mitocondrial, coenzimas, aminoácidos, nucleótido, enzima, mitocondrias, condrioma, crestas mitocondriales membrana mitocondrial interna, ADN, ribosomas, transporte, ciclo de Calvin-Benson, mitosis, grana, estroma, ácidos grasos, información, replicación, materia, monosacárido.
ex. LÍP. 26/2/97	Membrana plasmática, nucleolo, núcleo, aparato de Golgi, mitocondrias, vesículas, secreción, lisosomas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, crestas mitocondriales, proteínas, enzimas, degradación, síntesis, moléculas, energía, orgánulos, animal, vegetal, cloroplastos, fotosíntesis, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, célula, desecho, digestión, lípidos, transporte, retículo endoplasmático, endocitosis, aminoácidos, ácidos grasos, autoensamblaje, autosellado, agua, medio.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, membranas plasmáticas, metabolismo, enzimas, centro activo, aminoácidos, holoproteínas, apoenzima, grupo prostético, coenzima, secuencia, especificidad, lisosomas, energía, reacciones químicas, organismo, digestión, síntesis proteica, traducción, transcripción, activación, núcleo, ADN, ARN mensajero, hialoplasma, citosol, ARN transferente, ribosomas, células, inmunidad, anticuerpos, antígenos, linfocitos, fagocitos, agua, sistema inmunitario.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Citosol, membranas, endomembranas, mitocondrias, cloroplastos, célula, ácidos nucleicos, agua, sales minerales, proteínas, glúcidos, lípidos, catabolismo, anabolismo, energía.
Ex. AN. 12/5/97	Herencia, gametos, autosoma, cromosomas, euploide, haploides, diploides, aneuploidía, genes, mutación, meiosis, sobrecruzamiento, ligamiento, loci, variabilidad genética, seres vivos, reproducción asexual, mitosis, núcleos, reproducción sexual, organismos, fecundación células, información, energía, sexo, vegetales, ADN, molécula, ARN, nucleósidos, nucleótidos, ácidos nucleicos, síntesis proteica, ARN mensajero, ARN transferente, aminoácidos, ribosomas, ARN ribosómico, homocigóticos, proteínas, codominancia, herencia intermedia, delección, duplicación, traslocación, inversión, profase, paquiteno, diploteno, fenotipos.
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana, célula, citoplasma, enzimas, lisosomas, vacuolas, degradación energía, moléculas, mitocondrias, retículo endoplasmático, ribosomas, proteínas, núcleo, ácidos nucleicos, lípidos, glúcidos, síntesis, orgánulos, información, agua.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Célula animal, vegetal, transporte, ARN transferente, aminoácido, glucolípidos, lipoproteínas, proteínas, cloroplasto, energía, ARN, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, aparato de Golgi, mitocondria, reserva, vacuola, exocitosis, lisosomas, endocitosis, degradación, biomoléculas, luz.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Membrana plasmática, ácidos nucleicos, cloroplastos, exocitosis, endocitosis, glúcidos, ADN, ARN, información, lípidos, retículo endoplasmático, célula, núcleo, CO ₂ , ribosomas, agua, aparato de Golgi, Acetil-CoA, hialoplasma, lisosomas, proteínas, mitocondrias, sales, ciclo de krebs, fosforilación oxidativa, enzimas, vesículas de endocitosis, energía, vacuolas digestivas.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, orgánulos, membranas, relación, reproducción nutrición, seres vivos, catabolismo, energía, ácidos nucleicos, núcleo, procesos anabólicos, síntesis de proteínas, información, desecho, proteínas, lípidos, glúcidos, mitocondria, centriolos, nucleolo, cromatina, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, vacuola, aparato de Golgi, cloroplasto, nutrientes, transporte, membrana plasmática, secreción, citoplasma, endocitosis, lisosomas, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, ADN, ARN, mitosis, meiosis, sobrecruzamiento, variabilidad, moléculas.
Entrevista. 6/6/97	Funciones, seres vivos, medio, vida, orgánulos, célula, nutrición, relación, reproducción, autonomía, organismo, energía, organización, entropía, catabolismo, anabolismo, molécula, ósmosis, degradación, síntesis, membrana plasmática, recombinación, gametos, óvulo, espermatozoide, nutrientes, endocitosis, exocitosis, núcleo, nucleolo, retículos, mitocondrias, vacuolas, cromatina, síntesis proteica, sales.

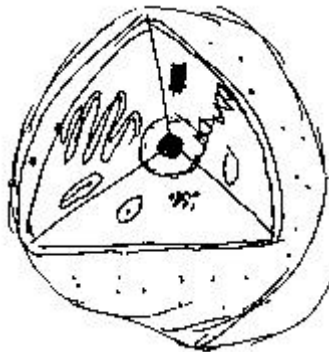
	Cuest. 1	ex. OV.	Mapa 1	Ex. Glúc.	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, nucleolo, vacuolas, aparato de Golgi, ribosomas, mitocondrias , citoplasma, retículo endoplasmáti co liso, retículo endoplasmáti co rugoso, membrana citoplasmáti ca.	Orgánulos.	Hialoplasma, mitocondrias .	Cloroplastos, membrana, tilacoides, nucleolo, matriz mitocondrial, mitocondrias , condrioma, crestas mitocondrial es, membrana mitocondrial interna, ribosomas, grana, estroma.	Membrana plasmática, nucleolo, retículo endoplasmáti co, mitocondrias , vesículas, lisosomas, retículo endoplasmáti co rugoso, ribosomas, crestas mitocondrial es, orgánulos, cloroplastos, matriz mitocondrial, retículo endoplasmáti co.	Membranas plasmáticas, lisosomas, hialoplasma, citocitol, ribosomas.	Citosol, membranas, endomembra nas, mitocondrias , cloroplastos.	Cromosomas , núcleos, ribosomas.	Membrana, citoplasma, lisosomas, vacuolas, mitocondrias , retículo endoplasmáti co, ribosomas, núcleo, orgánulos.	Cloroplasto, núcleo, retículo endoplasmáti co rugoso, retículo endoplasmáti co liso, aparato de Golgi, mitocondria, vacuola, lisosomas.	Membrana plasmática, cloroplastos, retículo endoplasmáti co, ribosomas, hialoplasma, mitocondrias , vesículas, vacuolas.	Orgánulos, membranas, núcleo, mitocondria, centriolos, nucleolo, retículo endoplasmáti co liso, retículo endoplasmáti co rugoso, ribosomas, vacuola, aparato de Golgi, cloroplasto, membrana plasmática, citoplasma, lisosomas.	Orgánulos, membrana plasmática, núcleo, nucleolo, retículo endoplasmáti co, mitocondrias , vacuolas.	AG3,ctr11,ct pl3,cts12,clpt 6,crestasmit2 ,crma1,grana 1,hlp13,liss6, matrizmit2,m mbr9,mmbrc itoplasm1,m mbrmit1,mm brmitint1,m mbrplasm4, mitc10,nú7, nclo4,org5,R E7,REL3,RE R4,rib8,tilac oides1,vesc2.
Moléculas	Ácidos nucleicos, proteínas, nutrientes, ADN, ARN.	Biomolécula s, proteínas, enzimas, sales minerales, agua.	Glúcidos, oxígeno, lípidos, proteínas, sales, glucosa, clorofila, ácido pirúvico, ATP, agua, gliceraldehid o-3-fosfato, NADP, dihidroxiacet ona-fosfato, aminoácidos.	Glúcidos, lípidos, proteínas, moléculas, ATP, coenzimas, aminoácidos, nucleótido, enzima, ADN, ácidos grasos, monosacárid os.	Proteínas, enzimas, moléculas, lípidos, aminoácidos, ácidos grasos, agua.	Proteínas, enzimas, centro activo, aminoácidos, holoproteínas , apoenzima, grupo prostético, coenzima, ADN, ARN mensajero, ARN transferente, aminoácidos, ARN ribosómico, proteínas.	Ácidos nucleicos, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas.	Genes, ADN, moléculas, ARN, nucleósidos, nucleótidos, ácidos nucleicos, ARN mensajero, ARN transferente, aminoácidos, ARN ribosómico, proteínas.	Enzimas, moléculas, proteínas, ácidos nucleicos, lípidos, glúcidos, agua.	ARN transferente, aminoácidos, glucolípidos, lipoproteínas , proteínas, ARN, biomoléculas .	Ácidos nucleicos, glúcidos, ADN, ARN, lípidos CO ₂ , acetil-CoA, proteínas, sales, enzimas.	Ácidos nucleicos, proteínas, glúcidos, lípidos, cromatina, nutrientes, ADN, ARN, moléculas.	Molécula, nutrientes, cromatina, sales.	Acgrasos2,A N6,ADN6,ag ua6,aa6,apoe nz1,ARN6,A RNm2,ARNt 3,ATP2,biom oléculas2,coe nz2,cromat2e ,enz6,gen2,gl úc6,holoprot 1,lfp8,moléc ula8,monosa c1,nucleósid o1,nucleótid o2,nutriente3 ,pro12,sm2.
PROCESOS Mts.	Desecho.	Fotosíntesis, funciones metabólicas.	Fotosíntesis, neoglucogén esis, ciclo de Calvin, glucolisis, cadena de electrones, ciclo de Krebs.	Metabolismo , autótrofo, heterótrofo, catabolismo, anabolismo, fotosíntesis, fermentacion es, glucolisis, ciclo de Krebs, cadena	Secreción, degradación, síntesis, ciclo de Krebs, desecho, digestión.	Digestión, síntesis proteica, traducción, transcripción , activación.	Catabolismo, anabolismo.	Síntesis proteica.	Degradación, síntesis.	Degradación.	Ciclode Krebs, fosforilación oxidativa.	Catabolismo, procesos anabólicos, síntesis de proteínas, desecho, secreción, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa.	Catabolismo, anabolismo, degradación, síntesis proteica.	Anb3,autóf1, cat4,cKrebs4 ,desecho3,di gestión2,fer ment1,ffoxid ativa3,fost3,g lucogénesis2, heteróf1,mtb 1,resp1,secre ción2,síntesis 9,sprot4,trad

	Cuest. 1	ex. OV.	Mapa 1	Ex. Glúc.	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
				transportador de electrones, fosforilación oxidativa, respiración, neoglucogénesis, ciclo de Calvin-Benson.										ucción1,transcripción1.
Otros	Nutrición, relación, reproducción	Transporte, ósmosis, relación, reproducción	-	Transporte.	Transporte, endocitosis.	-	-	Euploide, haploide, diploide, aneuploidía, mutación, meiosis, sobrecruzamiento, ligamiento, variabilidad genética, reproducción asexual, mitosis, reproducción sexual, fecundación, delección, duplicación, inversión, traslocación, profase, paquiteno, diploteno.	-	Transporte, exocitosis, endocitosis.	Exocitosis, endocitosis.	Relación, reproducción, nutrición, transporte, endocitosis, mitosis, meiosis, sobrecruzamiento, variabilidad genética.	Funciones, nutrición, relación, reproducción, ósmosis, recombinación, exocitosis, endocitosis.	Aneuploidía1,delección1,diploide1,diploteno1,duplicación1,endocitosis5,euploidía1,exocitosis3,inversión1,meiosis2,mitosis2,nut3,ósmosis2,prof1,rel4,rep5,rsex1,sobrecruz2,transporte5.
CONCEPTOS GRALES:	Célula, información, vida, reacciones químicas.	Energía, reacciones, células, seres vivos, procariótica, eucariótica, animales, vegetales, vida, materia, organismos.	Célula.	Organismo, energía, células, información, materia.	Energía, animal, vegetal, célula, medio.	Energía, reacciones químicas, organismo, célula.	Célula, energía.	Herencia, seres vivos, organismos, células, información, energía, vegetales.	Célula, energía, información.	Célula, animal, vegetal, energía.	Información, célula, energía.	Célula, seres vivos, energía, información.	Seres vivos, medio, vida, célula, autonomía, organismo, organización, entropía.	Ani3,célula1,energía1,entropía1,herencia1,información6,materia2,medio2,organismo5,organización1,react3,react2,svv4,vgt4,vida3.
OTROS CONCEPTOS	-	-	Sangre.	-	Autoensamblaje, autosellado.	Secuencia, especificidad, inmunidad, anticuerpos, antígenos, linfocitos, fagocitos.	-	Gametos, autosomas, homocigotos, codominancia, herencia intermedia.	-	Reserva, luz.	-	-	Gametos, óvulo, espermatozoide.	Anticuerpo1, antígeno1, autoensamblaje1, autosellado1, especificidad1, gameto2, inmunidad1,1

	Cuest. 1	ex. OV.	Mapa 1	Ex. Glúc.	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
														infocito1,san gre1,reserva1 ,luz1,secuenc ia1,fagocitos, óvulo1,esper matozoide1,h omozigótico 1,codominan cial.
MODELO	A	B	A	B	C	B	B	B	B	D	A	C	D	C

Cuando Álvaro piensa en la célula al comenzar el curso, lo hace en una entidad que es básicamente estructural, utilizando para comunicar su idea abundantes conceptos relativos a orgánulos y algunos que se refieren a moléculas, pero haciendo muy poco uso de conceptos referidos a su dinámica como ente vivo. Sus explicaciones y sus deducciones de modo general recurren a elementos físicos, reales, estructurales, imprimiendo a los mismos muy poco carácter funcional, si bien es cierto que considera alguno. En el cuestionario inicial (22-10-96), Álvaro muestra un alto grado de elaboración personal en las frases que usa, aplicando coherentemente los conceptos de los que echa mano que, como se ha expresado anteriormente, son en su mayoría relativos a estructuras; muestra, también, una información organizada autónomamente ya que no responde a los patrones habituales de los libros de texto ni al lenguaje y organización de las ideas de lo trabajado en clase, sino que resulta mucho más personal. Cuando se le plantea cómo representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, este joven responde con lo siguiente:

"La primera imagen que me viene es de una esfera, con una membrana exterior núcleo, nucleolo, vacuolas, ... que es como una pequeña unidad funcional. También hay otros tipos de células que no son esféricas".



Resulta relevante en esta respuesta "la primera imagen"; construye una imagen o, cuanto menos, comunica que la ha construido, y es capaz de plasmarla y, como vemos, no se trata de una imagen simple de "huevo frito" sino que delimita algunos elementos estructurales y, sobre todo, es tridimensional, si bien es cierto que responde a un esquema muy similar al que aparece en los libros de texto. Y vemos también en lo anterior que cita su carácter "funcional" pero que sólo se refiere estructuras no observándose tampoco el mismo en el dibujo. ¿Una célula se define, entonces, para Álvaro, por sus estructuras? Veamos cómo responde ante lo siguiente:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

"1- Necesita tener núcleo para poder mantenerse viva ya que es el que dirige toda la célula.

- Necesita tener membrana para seleccionar las sustancias que entran.

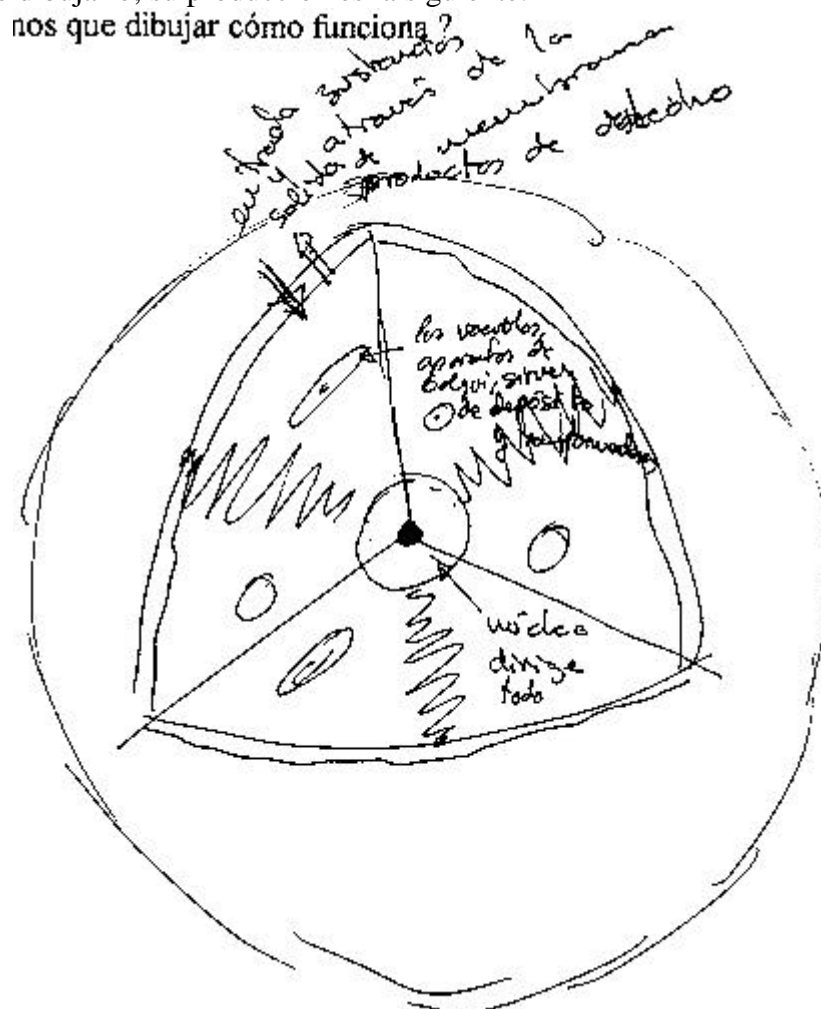
2- Todas sus partes principales, núcleo, nucleolo, ribosomas, aparatos de Golgi, mitocondrias, vacuolas,

- sustancias impres(c)indibles, es decir, nutrientes".

Para explicar lo que es una célula, para comunicar qué entiende por esta compleja entidad, Álvaro sólo ha utilizado elementos estructurales, elementos que usa también y delimita gráficamente en respuesta a otras preguntas del mismo cuestionario. Parece operar, pues, básicamente en un terreno estructural, si bien imprime un tímido dinamismo a esta unidad viva; al menos eso es lo que parece desprenderse de las frases que elabora ante la demanda de explicar sólo con tres frases el funcionamiento celular.

- Es prácticamente independiente, fabrica sus propias proteínas, y se puede reproducir.
- Obtiene las sustancias que necesita haciendo reaccionar otras que ha recibido.
- Es(x)pulsa los desechos de esas reacciones químicas.

Ese cierto dinamismo no aparece cuando lo que se le solicita es lo que haría si tuviera que dibujarlo; su producción es la siguiente:



Obsérvese que hay pocas diferencias con respecto al dibujo anterior y que el carácter dinámico, dentro de un orden, lo asigna a través de las frases que añade. Cuando se le pide que explique lo que él cree que es el funcionamiento de una célula, elabora un pequeño texto en el que sólo usa como concepto metabólico "desecho", pero del que se desprende una cierta idea de que la dinámica celular se articula en torno a reacciones químicas que hace descansar en algunas estructuras; es evidente que hay subyacente una cierta idea que, además, se expresa de manera muy personal, muy autónoma, pero que es explicativamente insuficiente. Álvaro tiene un esquema intuitivo de la célula que es básicamente estructural, para el que "le viene" una imagen a su mente, en el que el comportamiento celular es muy pobre y limitado por la insuficiencia de los conceptos relativos al mismo construidos; le hace falta para hacerle frente a ello generar esos conceptos que refieren a procesos que él sabe que existen pero sólo en términos muy genéricos.

"Las sustancias que trae el torrente sanguíneo entran, no todas, a través de la membrana citoplasmática gracias a la acción de ciertas proteínas. Estas sustancias se encuentran en el citoplasma, que es una sustancia acuosa, donde se realizan la mayoría de las reacciones químicas por las cuales se obtienen las sustancias que serán utilizadas o

almacenadas por los distintos orgánulos de la célula, y las sustancias de desecho son expulsadas al exterior otra vez a través de la membrana citoplasmática.

Todos estos procesos son dirigidos por el ADN y el ARN que son los portadores de toda la información e imprescindibles a la hora de la división celular".

En el examen de Origen de la Vida 8(18-11-96), Álvaro sigue haciendo gala de un lenguaje personal que articula en un discurso coherente pero que da muestras de un uso repetitivo, mecánico, de la información, a diferencia del texto anterior que se ha mostrado como ejemplo. La explicación que genera del concepto "célula" da cuenta de ello.

"Es la unidad funcional y ex(s)tructural de los seres vivos, la cual realiza las funciones de relación, reproducción y relación. Ésta puede ser procariótica o eucariótica y éstas últimas en animales o vegetales.

Las células son las primeras unidades de los niveles bióticos, por lo tanto, por "debajo" de la célula no hay vida.

Dependiendo de la clase que sea la célula tiene diferentes orgánulos, los cuales son las unidades fundamentales de éstos".

En este ejercicio resulta curioso que no se hace uso nada más que de "orgánulos" en términos genéricos -no haciendo referencia a ninguno en particular- y de algunas moléculas en lo que es la vertiente estructural de una célula; si nos centramos en su vertiente funcional, se recurre a algunos conceptos metabólicos (¡muy genéricos!) y a procesos de otra naturaleza. Cuanto menos, hemos de admitir que se está produciendo una mayor compensación entre ambos aspectos, si bien el poder explicativo es bajo, insuficiente. Con un esquema dual de célula, como parece haber generado este estudiante en esta ocasión, tampoco es mucho mayor su poder predictivo ya que le resulta difícil generar predicciones y deducciones frente a problemas o nuevas situaciones biológicas y, por ello, las mismas, si bien puede establecerlas, son pobres. Construir un modelo dual, un modelo que atiende por una parte a la estructura y por otra al funcionamiento, limita su comprensión de la entidad única "célula" y lo lleva a interpretaciones erróneas, inconsistentes, pobres en definitiva, y eso es lo que se observa cuando responde a una pregunta característica o prototípica de razonamiento en términos biológicos.

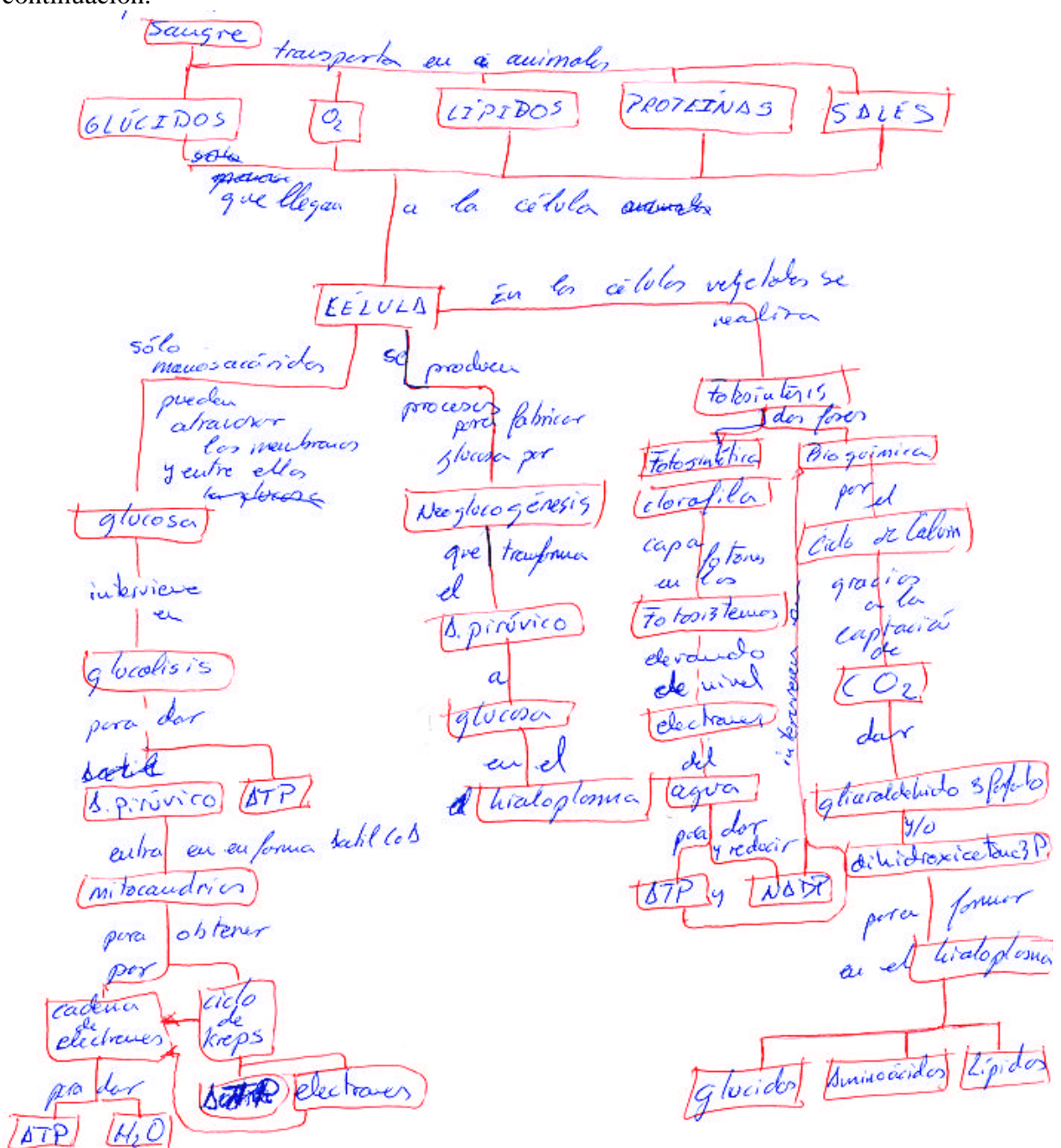
- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.
 - ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría? ¿Tiene algún fundamento biológico?

"[Al tener una congestión nasal, estos mocos tienen una determinada concentración, que al mezclarse con].

Esto no se puede deber a una absorción de agua por parte de las células de las cavidades nasales, por tanto, ha de ser de origen molecular. La sal es NaCl, $N^+ + Cl^-$, el sodio se une con los grupos OH, produciendo en dichas células un aumento de Na^+ que evita la expulsión".

Cuando Álvaro hace su primer mapa conceptual (9-1-97) para dar cuenta de lo que sabe sobre la estructura y sobre el funcionamiento celular, genera un modelo en su mente o, cuanto menos, hace rotar un modelo que muestra una comprensión muy baja de lo que es realmente una célula; no hay una idea global, ni siquiera podemos decir que opere con un doble esquema ya que delimita un primer nivel molecular y, a continuación desarrolla con muy poca capacidad comprensiva el resto del mapa en términos metabólicos con una gran profusión de conceptos repetidos mecánicamente, ¡y

repetidos en el mapa!, muchos de los cuales son irrelevantes, observándose, al mismo tiempo, ausencia de conceptos que sí que suponen comprensión del comportamiento de la célula como estructura viva. Los nexos, como puede verse, son simples (a, en el, ...) y dan lugar, lógicamente, a proposiciones poco o nada significativas en términos biológicos, lo que muestra, desde nuestro punto de vista, la misma significatividad en su estructura cognitiva como dato. A esta interpretación que desde fuera hacemos sobre el modo mental de operar con la célula de Álvaro ante esta demanda contribuye, también, la ausencia total de jerarquización de su mapa o la explicación que hace que no es del mismo, como se le solicita, sino del metabolismo celular en general, una larguísima explicación que sigue un clarísimo patrón de repetición mecánica de la información y que no se corresponde con la tarea planteada. El mapa del que hablamos se presenta a continuación.



El examen de Glúcidos (20-1-97) parece suponer para Álvaro la construcción de un modelo nuevamente dual, es decir, parece generar en su mente una forma de trabajar

con la estructura y otra, independiente, de trabajar o de pensar en el funcionamiento. Usa abundantes conceptos referidos a estructuras, tanto organulares como moleculares, y también metabólicos y los usa elaborando personalmente sus frases y estableciendo una buena conexión entre ellas que da como resultado un discurso articulado, coherente; pero repite mecánicamente la información, no consiguiendo generar con ello comprensión, una comprensión global de los procesos y de las estructuras en las que ocurren, así como de sus relaciones. Construye, por lo que se ve, un conjunto de elementos de la entidad "célula", como son los orgánulos y las moléculas constituyentes, un conjunto de propiedades y características de los mismos, como son sus características físico-químicas y construye, también, un conjunto de relaciones e interacciones entre todos esos elementos, o sea, los procesos que llevan a cabo, pero este tercer conjunto es limitado llevándolo a no hacer referencia ninguna a soportes físicos de los procesos en algunas de sus explicaciones o a ubicarlos incorrectamente en esas estructuras en las que ocurren. Su comprensión limitada de la entidad "célula", su poder explicativo y predictivo incompleto con respecto a la misma se manifiesta precisamente en sus producciones, como hemos dicho, en la desconexión entre los diferentes aspectos o en los errores de localización y eso se considera una consecuencia del modelo dual que ha generado, del análogo estructural que construye como intermediario que o bien es estructural o bien es funcional y que, frente a esto último, lo obliga a recurrir a repetición mecánica de la información fisiológica en este caso. Lo que se expone a continuación puede considerarse un ejemplo de ello.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *"Por al poder utilizar las vías en que se utiliza O_2 obtiene más energía, es decir, en las fermentaciones el único ATP que se produce es el de la glucólisis, mientras que siguiendo los procesos con intervención de O_2 obtiene el ATP de la glucólisis, el de ciclo de Krebs y el de la cadena transportadora de electrones y la fosforilación oxidativa.*
- *Si nos referimos a la respiración mitocondrial las células autótrofas también la realizan por lo que también respiran, así que no se puede decir que realicen la fotosíntesis en lugar de la respiración.*
- *Depende, si nos referimo(s) únicamente a los procesos catabólicos no, pero si nos fijamos en la procedencia de las moléculas de las que parte sí es diferente, ya que las células heterótrofas lo obtienen de la digestión y las autótrofas de la fotosíntesis.*
- *No porque aunque no es necesario ingerir glúcidos en nuestra alimentación, ya que la célula los puede sintetizar a partir de Acetil-CoA por neoglucogénesis pero es necesario su prese(r)encia, ya que son necesarios para células como las neuronas que necesitan glucosa para su funcionamiento"*

Ese doble modelo del que en la respuesta anterior sólo ha hecho rotar, como se ve, su vertiente funcional, lo dota en todo caso y como acabamos de ver, de una cierta capacidad explicativa, limitada pero explicativa al fin y al cabo, pues, por ejemplo, no responde a lo que se le pregunta o argumenta deficientemente, y también de capacidad predictiva; es capaz de predecir, de deducir y de interpretar con cierta lógica biológica

de forma elaborada, es capaz de establecer conexiones y de pensar en términos tanto estructurales como funcionales cuando se le pregunta:

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

El razonamiento que sigue cuando responde es un razonamiento lógico, coherente, si bien es cierto que muestra serios problemas de expresión y de corrección lingüística.

"Esto se explica porque en la ovulación se están produciendo mitosis en el óvulo, que va creciendo y también por el transporte del ovario a las trompas de Falopio y por el aumento del grosor de las paredes del útero para la posible instalación del cigoto, por esta "rapidez", la mujer ha de ingerir productos ricos en azúcares que supone gran cantidad de energía de inmediata consumición. Así, por ejemplo, si una mujer no come azúcares le podrá producir una fatiga, algo que suele ser muy común ya que las mujeres procuran guardar la línea y no comen azúcares.

Es de eliminar el suministro de azúcar y la fatigas, son actividades que demuestran esta hipótesis. Otra sería que ingirieran grasas pero les pasaría lo mismo, ya que éstas han de pasar por muchos procesos para que se conviertan en azúcares, ya que los lípidos no son energía a corto plazo, sino a largo plazo.

Tampoco servirían los polisacáridos, ya que también lo son a largo plazo".

Hasta aquí, en estas alturas de curso, se ha visto cómo Álvaro pretende, intenta, procura desde distintos puntos de vista, en distintas situaciones, ante variadas tareas y demandas, comprender una entidad que él reconoce desde un principio compleja y en la que manifiesta esa complejidad, con diferentes grados de significatividad biológica y con distintos niveles de capacidad explicativa, pero una complejidad que progresivamente quiere comprender más y de mejor manera. Ha procurado integrar los distintos aspectos y en ello ha mostrado dificultades, pero se ha movido cognitivamente en un terreno en el que ha ido incorporando los elementos necesarios y suficientes para conseguir un mayor poder explicativo y un mayor poder predictivo. Sus conjuntos de elementos, de propiedades y características de esos elementos y de relaciones e interacciones entre los mismos han ido ampliándose y, si bien con dificultades, ha ido construyendo un modelo mental más potente, más biológico, con el que se mueve de manera más cómoda, más comprensivo, más global, más funcional. Eso es lo que se desprende de lo que hace frente al examen de Lípidos (26-2-97), ejercicio en el que, a juzgar por lo que escribe y produce, parece haber construido un modelo mental global de célula, integrando coherentemente su estructura y su funcionamiento, si bien manifiesta un cierto carácter de funcionamiento-suma de la misma. Un dato en el que apoyar la interpretación anterior es la explicación que hace de este complejo ente.

"Es una estructura organizada que realiza unos procesos de degradación y síntesis de moléculas para obtener energía para su funcionamiento y el de sus estructuras.

Posee orgánulos muy diversos y especializados en diversas funciones y su estructura y composición dependen de si es animal o vegetal principalmente, aunque también dependen de la especie y del tipo de tejido que formen.

La célula está ordenada por el núcleo, tiene la membrana que la delimita, el retículo endoplasmático que fabrica proteínas, las mitocondrias donde se obtiene energía, el Golgi donde se empaquetan los desechos, los cloroplastos que realizan la fotosíntesis, ...

"

Es efectivamente una explicación personal, como personal y autónoma es la información a la que recurre y la forma de organizarla; su discurso, como se ve, es coherente. Si bien muestra algunos problemas de expresión y algunas frases e ideas un tanto inconsistentes, también resultan ser sus deducciones e inferencias más elaboradas y en ellas, de hecho, incorpora tanto razonamientos estructurales como funcionales; esta capacidad predictiva mayor y global se considera una consecuencia del modelo integrado de célula que ha generado, un modelo que hace rotar cuando se le demanda una tarea de razonamiento como supone la pregunta:

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen "liposomas". Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
- ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.

modelo que comunica del siguiente modo:

"El envejecimiento celular se debe al deterioro de los orgánulos, funciones, ... de la célula. Por esto al incorporar lípidos a las células epiteliales éstas los recogen en sus membranas, y los atraviesan al no ser polares, para luego poder ser degradados o utilizados en la formación de nuevos fosfolípidos, ya que las ceramidas forman los esfingolípidos, que también forman parte de las membranas.

Los diferentes procesos que puede(n) sufrir los lípidos, hacen posible esto, y además, la característica propias de las ceramidas como constituyentes de los esfingolípidos".

Pero ya se comentaban las dificultades que va sorteando este alumno para construir algo en su mente que le permita entender qué es esa cosa llamada "célula". Si bien es cierto que ante este último ejercicio parecía haber construido un modelo explicativo y predictivo que integraba los distintos aspectos que caracterizan a una célula, frente al examen de Proteínas (14-3-97) da la impresión de que vuelve a trabajar en un doble nivel, con un esquema doble. Es curioso que aunque sus frases sean elaboradas de modo personal, usa un discurso que es pobre y simple, repitiendo mecánicamente la información; de hecho, también muestra problemas para establecer inferencias y deducciones que resultan ser nuevamente pobres y limitadas. Cuando se pregunta:

- ¿Qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas ?.

la respuesta que hace Álvaro no hace ¡ni una sola! referencia a estructuras y esto se pregunta explícitamente. De esta manera, operando mentalmente en un doble nivel es difícil establecer conexiones y razonar válidamente porque no se tiene, no se adquiere o no se ha construido comprensión. Y eso es lo que se plasma en lo que hace este joven ante la pregunta:

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está

claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?

- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

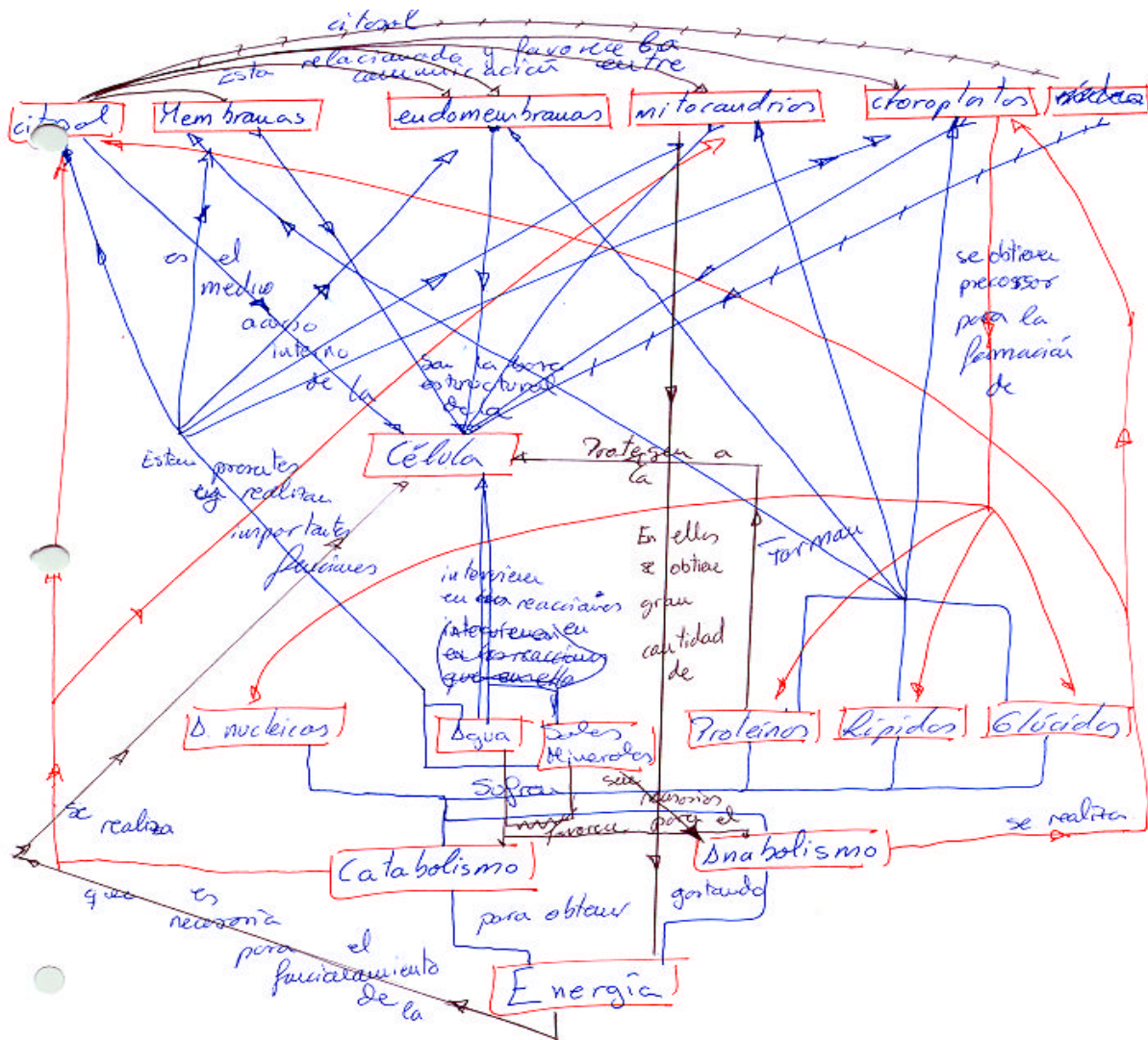
"Las plantas de cultivo que fuesen tratadas con es(te) herbicida no deberían ser orientadas por lo menos al consumo humano, ya que al carecer de estos aminoácidos esenciales debemos ingerirlos en otros vegetales que no hubie(n)sen sido tratados con éste. Yo pienso que si no se mueren, la producción de estos aminoácidos es mínima por lo que podría una dieta basada en vegetales tratados con este herbicida producir algún trastorno debido a la ausencia de estos aminoácidos, que al ser es(c)enciales han de ingerirse obligatoriamente. Por esta razón, se puede demostrar que son necesarios y que además este herbicida es un inhibidor de la enzima que cataliza la síntesis de fenilalanina y triptófano; por medio de un es(x)perimento en laboratorio, por ejemplo, disponemos de dos ratones que hayan sido alimentados con productos totalmente naturales, es decir, que no hayan sido sufrido alteraciones anormales. Así, alimentando a un ratón con plantas a las que no se les haya aplicado el herbicida y al otro con unas tales que hayan sufrido la acción de este herbicida, sin llegar a morir.

Pasados unos días si el ratón tratado con los vegetales afectados no ha muerto (o si lo ha hecho mejor, porque ratifica la hipótesis) se le deberán hacer unos análisis a ambos y comprobar las deficiencias que sufre, que serán conc(s)ecuencia del herbicida.

No hay que decir, que se deberán a(d)ministrar a ambos por igual las vitaminas y demás sustancias que necesite para sobrevivir, las cuales han de carecer de los aminoácidos fenilalanina y triptófano.

Finalmente podremos, si las respuestas al es(x)perimento ha sido como esperábamos, elav(b)orar una tesis adecuadamente justificada. Pero para asegurar dicha tesis tendremos que realizar otras muchas es(x)periencias similares que nos lo ratifiquen".

Obsérvese con atención lo que este estudiante ha escrito; es mucho, sin duda, pero no razona nada, no argumenta nada, no infiere, no deduce lógicamente porque su comprensión, la que su modelo le permite, es limitada hasta el extremo de que, incluso, manifiesta serios problemas de expresión. La misma tónica, la misma representación se deduce de lo que plasma Álvaro en su segundo mapa conceptual (1-4-97), mapa que debía atender a lo que sabe sobre la estructura y el funcionamiento de una célula pero en esta ocasión sólo con quince conceptos. Una simple y rápida visión nos da como primer dato informativo la dificultad que ha supuesto para él hacerlo, pues vemos que hay un cierto caos, que hay una cierta desorganización en las ideas o, cuanto menos, en la forma de plasmarlas. Selecciona adecuadamente los conceptos y establece con ellos relaciones que son bastante más explicativas que en el mapa anterior, dando lugar a proposiciones significativas biológicamente. En esta ocasión, si bien es débil, se observa una cierta jerarquización, delimitando distintos niveles: orgánulos, moléculas y metabolismo -éste muy pobre- pero por lo menos está presente; la conexión entre los distintos niveles, de todos modos, es bastante floja. ¿Cómo podemos interpretar esta nueva producción? Tenemos que limitarnos al mapa en sí ya que, aunque se solicitaba, Álvaro no lo explica; y este mapa hace suponer, otra vez, como ya se expresó, que se opera en un doble nivel, un modelo dual en el que por una parte se tienen en cuenta elementos estructurales (orgánulos y moléculas que, curiosamente, no deben constituirlos) y por otra, procesos que sólo deben ser energéticos y que, como puede observarse, son excesivamente generales.



Y nuevamente este modelo doble que da respuesta por un lado a la estructura y por otro al funcionamiento es lo que parece construir Álvaro en su cabeza como intermediario entre la célula que se le requiere que piense y maneja y él mismo como individuo, una representación mental que, como ha quedado de manifiesto, lo dota de un cierto poder explicativo y predictivo, le permite explicar y le permite establecer inferencias, pero de manera insuficiente; esto es lo que se interpreta de lo que explicita en el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) en la pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos ?. Razona la respuesta.

"Los ácidos nucleicos son los que rigen el funcionamiento de la célula, ya que éstos determinan toda la síntesis proteica.

El ADN contiene la información genética que ha de transmitir al ARN mensajero, el cual se trasladará al núcleo para llevarlo a donde sea necesario. Pero también se necesita el ARN transferente, que es el encargado de recoger los aminoácidos, por medio de un enlace éster en el extremo 3' terminal para llevarlos a los ribosomas (ARN ribosómico), donde el ARN mensajero los ordenará según la información que ha recibido del ADN.

Entonces si toda la síntesis proteica depende del ADN y el ARN, todas las proteínas y enzimas dependerán de la información de éste, y con esto la función de éste".

Si bien es cierto que en lo anterior sólo se advierten referencias al comportamiento celular o funcionamiento, y que no se hace descansar éste en las estructuras en las que ocurre sino que, a lo sumo, se recurre a usar algunas moléculas que lo sostienen y

justifican (lo que se interpreta como modelo dual), es cierto, también, que su modelo, como se decía, lo dota de una capacidad cada vez más explicativa entre otras razones, porque es capaz de establecer conexiones entre los diferentes temas, relacionar conceptos trabajados en diferentes momentos del curso, en definitiva, revisar recursivamente su propia construcción, verificar los conocimientos de los que dispone, contrastarlos, y rescatar, recuperar de los mismos aquello que le interesa para dar cuenta de lo que se le demanda. Lo que hace Álvaro es revisar retrospectivamente diferenciando lo que le interesa y lo que no para, luego, reconciliar todo aquello que ha seleccionado, que ha recuperado en una explicación única que, aunque incompleta y sólo destinada a un aspecto de los que constituyen la entidad "célula" que pretende representar y, con ello, comprender, es relativamente explicativa. Un ejemplo es el fragmento anterior en el que recupera contenidos relativos a la síntesis proteica trabajada en el tema anterior.

La interpretación que hace este alumno del símil que se le presenta de una célula (13-5-97) es también un dato en el que apoyar ese doble nivel, ese modelo dual en el que parece estar operando mentalmente. Su explicación responde a un esquema muy personal, elaborado, organizando un discurso coherente en el que aplica, si bien con bastante brevedad, correctamente los conceptos que utiliza; no da la impresión de que sea una información repetida simple y mecánicamente sino que muestra una revisión, ¡nuevamente!, de todos los contenidos trabajados y, en función de eso, la selección de lo que le permite articular dicha explicación. Llama la atención que combina con gran acierto diferentes niveles (molecular, orgánulo, etc), recurre a moléculas y a lo que les ocurre o las vías que pueden seguir, a orgánulos y a lo que ocurre en ellos y, en ese sentido, a procesos celulares; luego, está estableciendo integración entre diferentes elementos, está haciendo interactuar aquellos tres conjuntos de los ya hemos hablado y, parece ser, cuanto menos, que aquel que se refería a las interacciones -o sea, la justificación biológica de los procesos- Álvaro lo ha construido y lo ha ampliado. Pero llama la atención, también, que si bien esto se consideraría un modelo global, un modelo C, no se ha catalogado así porque no da la impresión de que este jovencito esté interpretando, no está estableciendo deducciones e inferencias desde la propia imagen que se le presenta a su modelo y viceversa, no se apoya en ella, lo que se interpreta como dificultades en el estableciendo de las mismas debido a que "piensa" en dos células: una estructural y otra funcional; de hecho, es capaz de explicar lo que explica en términos de comportamiento pero se observa una descompensación importante en el uso de conceptos que lleva a cabo, siendo minoritarios en extremo ¡y muy generales! aquellos que selecciona para explicar cómo actúa una célula. Puede pensarse, a la luz de lo expuesto y de los datos disponibles, que no ha habido una incorporación muy significativa de los procesos específicos que definen el funcionamiento energético y general de una célula. Esto es lo que nos lleva a considerar que Álvaro generó en su mente ante esta tarea un modelo dual de célula.

"La membrana es una estructura que debido a sus características químicas, físicas y estructurales regula la entra(da) de sustancias a la célula, las cuales sufrirán determinados procesos. Estas sustancias sufren transformaciones en el propio citoplasma o, por medio de enzimas que hay en los lisosomas, vacuolas digestivas, normalmente son procesos de degradación con los que la célula obtiene pequeñas moléculas y energía, la cual también se obtiene de esas pequeñas moléculas, que en su fase última de degradación, en las mitocondrias, obteniéndose también moléculas de agua, CO₂ y energía para la síntesis de nuevas moléculas que se realizará en el retículo endoplasmático y ribosomas, en el caso de las proteínas, en el núcleo en el caso de los ácidos nucleicos y en el citoplasma si son lípidos, glúcidos, Estas moléculas obtenidas si no se emplean en síntesis de orgánulos, u otras estructuras, ni tampoco para obtener energía, pasarán a formar parte

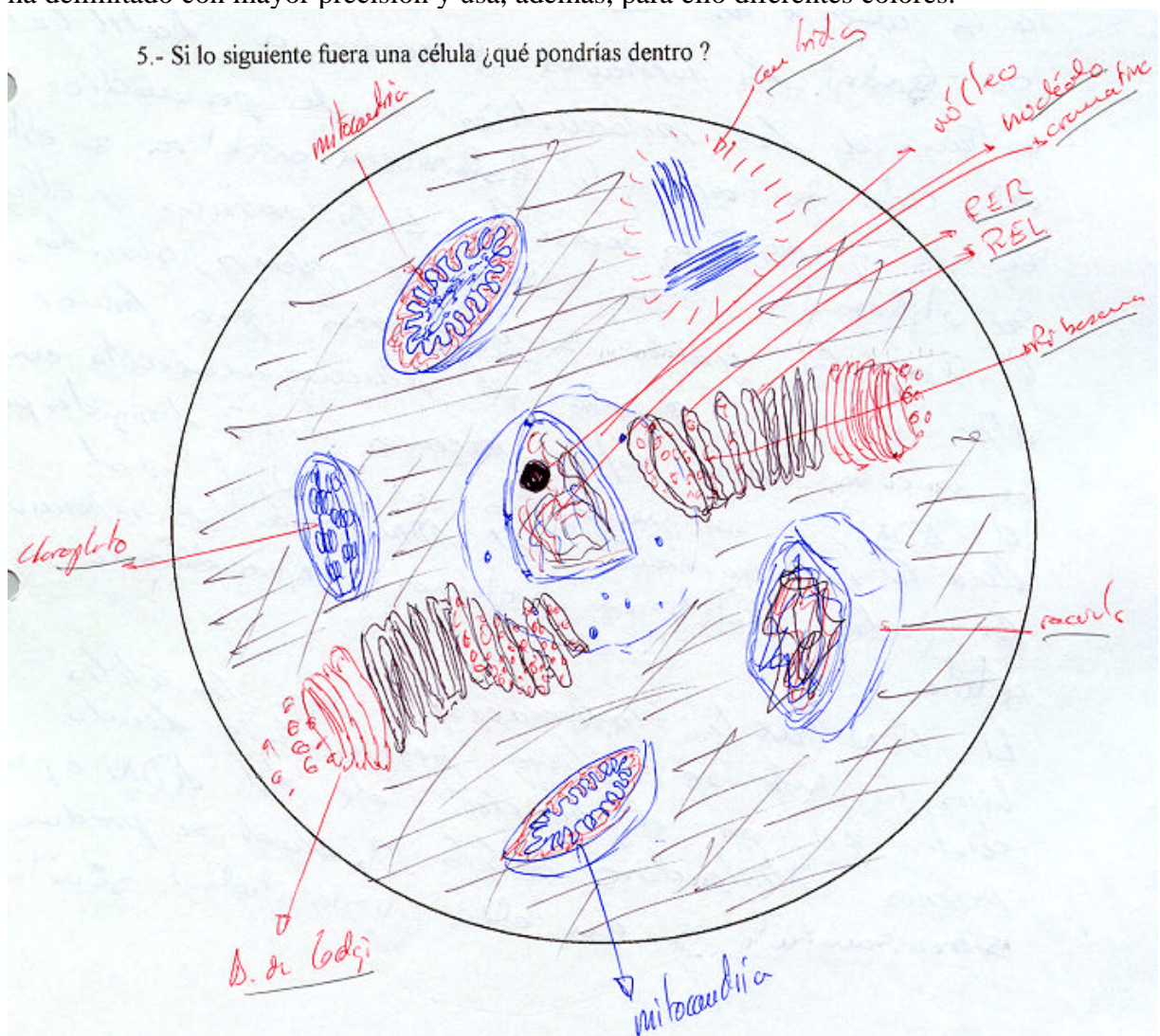
entidad, lo que se desprende, por ejemplo, de sus respuestas al cuestionario final (29-5-97).

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

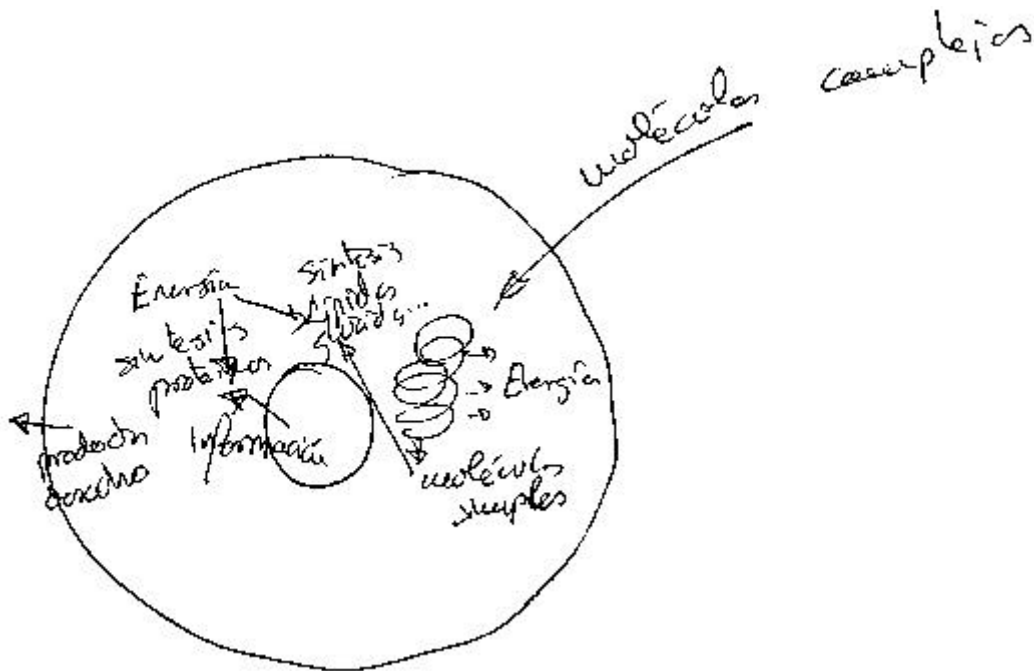
"La célula se puede representar de muchas formas, se puede representar en dos o en tres dimensiones, de forma simple o de forma compleja, o incluso se pueden hacer representaciones que facilitan la comprensión de su funcionamiento y estructura.

Yo haría un dibujo que mostrara cómo es realmente la célula; claro, sin es(x)cesivas complicaciones, plasmando los orgánulos de forma sens(c)illa sin hacer representaciones y claramente la representaría en tres dimensiones, para que se aprecie el volumen que tiene, la célula no es plana".

Su célula estructuralmente ha variado y podemos verlo en lo que incluye en un círculo si éste representara ese ente; la ultraestructura de sus orgánulos constituyentes se ha delimitado con mayor precisión y usa, además, para ello diferentes colores.



¿Y qué pasa con su célula funcionalmente? Porque el dibujo anterior no incorpora nada al respecto. La verdad es que usa equilibradamente conceptos estructurales y funcionales en este cuestionario y cuando plasma esa dinámica gráficamente, lo que hace es lo siguiente:



Quizás sea más informativo, un dato más potente, el texto con el que Álvaro da respuesta a lo que cree que es el funcionamiento de una célula. Su poder explicativo ha evolucionado sustancialmente y en lo que plasma se observa una integración importante de conceptos estructurales y funcionales que justifican la razón de ser de "célula" como entidad, los atributos característicos de esta etiqueta como concepto. Su lectura merece la pena; no hay indicios claros de causalidad en su modelo pero, a juzgar por lo que expresa, su modelo mental en este momento es global (o lo que hemos categorizado como modelo C).

"Los nutrientes necesarios para la célula entran a través de mecanismos de transporte por la (la) membrana plasmática, y a través de éstas también salen los productos de desecho de la célula o productos de secreción. Los nutrientes son degradados en el citoplasma o en vacuolas digestivas que se producen por endo(s)itosis, a las cuales se les unen lisosomas procedentes del aparato de Golgi. Los nutrientes reducidos a Acetil-CoA entran en las mitocondrias donde por medio del ciclo de Krep(b)s y la fosforilación oxidativa se obtiene energía y moléculas sencillas. Estas moléculas sencillas son utilizadas para sintetizar proteínas, glúcidos, lípidos, los cuales se utilizarán para formar otras estructuras o para el almacenamiento en las vacuolas. Todos estos procesos están dirigidos por el ADN, y su mensajero el ARN, el cual lleva la información del ADN hasta los ribosomas, los cuales sintetizan proteínas propias de cada célula.

El ADN trae la información para las células hijas, las cuales se obtiene(n) por mitosis dando células $2n$ por duplicación de del ADN o por meiosis obteniéndose célula n , donde se produce sobrecruzamiento y con ello variabilidad genética".

Como queda de manifiesto, este joven hace un repaso de las tres funciones vitales de la célula, si bien incluye algún error, por ejemplo, con secreción/excreción. Y decíamos ya en un par de ocasiones que este estudiante tiene "imaginabilidad", que recurre a las imágenes para facilitar su comprensión de la célula que está estudiando. En la entrevista informal que se desarrolla al final del curso (6-6-97) lo primero que llama la atención es que cuando se le demanda la descripción de la imagen que le generan diferentes conceptos biológicos (¡si es que se la generan!). Álvaro hace referencia en muchos de ellos bien a célula explícitamente o bien a niveles moleculares y organulares; genera imágenes biológicas en la mayoría de ellos y prácticamente no hace uso de elementos, imágenes o analogías extrabiológicas. Cuando se le presenta una foto de

microscopía electrónica para su interpretación, ésta se parece a su representación "pero la calidad de la imagen nooo" Observemos un fragmento del diálogo que se genera en el que, incluso, puede intuirse cierta causalidad cuando se refiere a la posición de los orgánulos.

ML : ¿no responde a tu modelo ?
Álvaro : ... *sssí pero, sí ... responder, responde pero la claridad de la imagen nooo.*
ML : tú tienes imágenes más claras.
Álvaro : *yo sí ijhh !*
ML : sí. A ver, ¿por qué me dices ? ¿qué es lo que hace que tú digas : esto es mitocondria, esto es vacuola, esto es núcleo ?
Álvaro : ... *por la estructura ... la estructura y la posición también.*
ML : y la posición. Vamos a ver,
Álvaro : *lo ves. [...]*
ML : ¿por qué sabes que esto es un núcleo ?
Álvaro : *porque ... tiene una membrana exterior y ... seguramente se, sse aprecian los poros también.*
ML : ¡mj ! señálame un poro.
Álvaro : *y, ... esto me imagino que será.*
ML : podría ser, podría ser.
Álvaro : *y se ve una acumulación de ... de cromatina que es lo negro.*
ML : ¡mmm ! ¿podríamos decir que estás aplicando algo que sabes a esta imagen ?
Álvaro : *claro.*
ML : ¿cómo estás aplicando ese algo que sabes a esta imagen ?
Álvaro : *estás reconociendo por lo que has estudiado de las estructuras.*
ML : estás reconociendo por lo que has estudiado de las estructuras. Bien, vamos a ver, significa eso ... ¡mmm ! ... que tú crees ... que tienes un conocimiento sobre estructura que puedes aplicar a cualquier imagen.
Álvaro : *sí.*
ML : sí. ¿Cómo has adquirido ese conocimiento sobre las estructuras ?
Álvaro : ... *pooooorrr, por imágenes.*
ML : por imágenes.
Álvaro : *imágenes y también lectura pero las imágenes siempre.*
ML : por imágenes y también lecturas.
Álvaro : *es queee co, como dice el dicho, es mejor una imagen que mil, más vale una imagen que mil palabras.*

Su célula ahora es un ente único que se caracteriza por hacer unas cosas determinadas -procesos/reacciones- soportadas en unas estructuras concretas. Podría interpretarse que está operando mentalmente con un modelo global, único, integrado, un modelo que empezó siendo estructural, que pasó durante bastante tiempo por operar en un doble nivel y que ahora incorpora a la misma estructura con la que empezó (enriquecida lógicamente) el dinamismo que la caracteriza como entidad viva.

ML : si yo te digo ahora : Ángel, descríbeme algo que plasme en tu mente, lo que tú veas, lo que tú veas en tu mente, descríbemelo cuando yo te digo ... funcionamiento de la célula.
Álvaro : *¿qué es lo que ... ? veo una célula y veo ... transformaciones rápidas*
ML : a ver, veo, me hace gracia que me digas : veo. ¿Cómo transformaciones rápidas ? no, no consigo que.
Álvaro : *es que ... sí, las moléculas se descomponen y por otro lado se forman otras.*
ML : ¡eh ! ¿a ver, a ver qué estás viendo ?
Álvaro : *catabolismo, anabolismo.*
ML : ¿perooo no son procesos ? ¿eso se puede ver ?
Álvaro : ... *yo sí ¡jemjem!*
ML : a ver, a ver, pues dime cómo lo ves ... para ver si consigo entenderlo.
Álvaro : *no, ¡tch ! como antes, antes veía las moléculas, ahora están y eso ¡tch ! un proceso dinámico, se, se pueden ver las moléculas cómo se descomponen.*

ML : se pueden ver las moléculas cómo se descomponen. ¿Tú podrías estar un buen rato explicando cómo es y cómo funciona una célula ?

Álvaro : ... sí.

En esta entrevista, Álvaro insiste aún más en el papel de la imagen en su construcción mental, en su modelo mental; recurre de modo natural a "ver" las cosas, a imaginarlas, lo que ya vimos desde un principio, y, además, lo recomienda.

Álvaro : ..., ..., yo pienso que, ... que lo que es los procesos se debería deeee, de intentar ... plasmar más en dibujos.

ML : plasmar más en dibujos, piensas que eso, que las imágenes más de tipo icónico podrían facilitar, ¿más de tipo gráfico ?

Álvaro : sí, lo que es el proceso en sí.

ML : lo que son los procesos biológicos de la célula.

Álvaro : la síntesis, la síntesis.

ML : ¿facilita la síntesis, ... las imágenes ?

Álvaro : sí porque yo, lo que es la síntesis, por ejemplo, la síntesis proteica, hasta que no lo vi con dibujitos, nooo me quedó claro.

¿Y qué podemos decir sobre lo que ha pasado por la mente de Álvaro con respecto a la célula a lo largo del curso? Álvaro parece haber evolucionado desde un modelo sólo estructural de célula hacia un modelo también único pero en el que integra tanto la estructura como su funcionamiento; pero esa construcción de un modelo global que le permita comprender la célula como un todo, como una entidad viva y, por tanto, dinámica ha resultado, en todo caso, difícil a juzgar por lo expuesto y ha pasado por un proceso en el que ha operado, ha trabajado con dos modelos: uno para la estructura y otro para el funcionamiento. De hecho, en un terreno muy global incorpora coherentemente la idea de destrucción y de síntesis e imagina la célula "en movimiento", con cosas entrando y saliendo, con moléculas que se rompen y se forman, lo que podría corroborar ese modelo único, pero, por otra parte, también es cierto que utiliza profusamente conceptos biológicos relativos a procesos metabólicos de una manera repetitiva, mecánica, lo que puede hacernos pensar que opera con dos modelos: uno para estructuras que va enriqueciendo a lo largo del curso, si bien más en moléculas que en orgánulos, y otro para funcionamiento, -global-, como hemos dicho, pero que no le permite una comprensión aceptable de dichos procesos metabólicos. En todo caso, lo que es evidente es que ha partido de un modelo más simple que ha reconstruido a lo largo del curso.

Lo que también parece desprenderse de los materiales de Álvaro es que ha ido construyendo un modelo en el que va incorporando imágenes que le facilitan sus intentos de comprensión; de hecho, en algunos de los diseños que plasma, procura integrar estructura y funcionamiento, si bien es posible, también, a juzgar por los dibujos hechos en el cuestionario final, que esté utilizando un modelo doble, o sea, lo que hemos tipificado como modelo B. En todo caso, lo que llama la atención es que parece usar imágenes en sus procesos cognitivos y esas imágenes no las maneja únicamente como proposiciones aisladas, sueltas, sino que las usa y recurre a ellas para ampliar su poder predictivo y su poder explicativo, las utiliza para apoyarse en ellas porque le facilitan la comprensión, las usa porque tiene "imaginabilidad" y porque ello lo ayuda a establecer, aunque sea débilmente, una tímida causalidad que es característica de un modelo global que parece poder desarrollar a partir de este estado cognitivo-mental en el que se encuentra con respecto a la célula cuando acaba el curso.

ANEXO N° 7:

LAURA

NOMBRE: Laura

CURSO: COU A

FECHA: 8-6-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, núcleo, ser vivo, vida, entropía, funciones vitales, material genético, organismo, energía, membrana plasmática, ósmosis, mitocondrias, aparato de Golgi, corpúsculos, ARN mensajero, ARN transferente, ribosomas, jugo nuclear, información, poros.	Organismo, funciones vitales, seres vivos, orgánulos, célula, medio, nutrientes, vida, eucariotas, núcleo, procariotas, metabolismo, energía, descendencia, entropía, nutrición, relación, reproducción, glucólisis, ciclo de Krebs, ATP, información, vegetales, ADN, mitosis, meiosis, gametos, recombinación.	Funciones vitales, entropía, ser vivo, células, vida, nutrición, catabolismo, respiración, animales, plantas, mitocondrias, orgánulos, aparato de Golgi, núcleo, materia, cromosomas, sales minerales, nutrientes, anabolismo, fotosíntesis, ribosomas, DNA, RNA, huso acromático, meiosis, mitosis, cadena transportadora de electrones, crestas mitocondriales, membrana, nucleolo, poros, citoplasma, glucólisis, ciclo de Krebs, cloroplastos.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal (Ej: última frase preg. 3 y primera preg. 4)	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 6)	Simple y pobre (Ej: dice que diría y diría pero no aplica y habla sin hilo conductor -frases sueltas entrecortadas)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Organización autónoma (Ej: primera parte de la entrevista)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (1º y 3º:muy pobre y limitado) no uso (2º)	No uso 1º y 2º) uso (3º muy limitado)	<ul style="list-style-type: none"> • glúcido: azúcar. • Proteína: ribosomas. • Lípido: grasa. • Ácido nucleico: RNA, DNA. • Energía: el Sol. • Entropía: galaxia, mar. • Célula: como una papa, como si fuera un huevo. • Catabolismo: Electrones. • Meiosis: células dividiéndose, huso acromático, movimiento. • Anabolismo: cadena transportadora de electrones. • Nutrición: personas comiendo. • Relación: una ciudad.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento (Ej. Preg. 4)	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • célula: huevo frito. Extrabiol./repetición de clase. • Célula: como una fábrica. Extrabiol./repetición de clase. 	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> • célula: como una papa, como si fuera un huevo. Extrabiol./autónoma -papa- y repetición de clase -huevo.

- Hace referencia a imágenes dinámicas (con movimiento) pero de esquemas de libros y de lo estudiado, cuando hace referencias biológicas.
- Pág. 7A: "es como un cuento" : va relacionando y es como ella estudia.
- Pág. 7B: "me cuesta más verlo" En esta pág: un solo modelo, dice ella, tanto para estructura como para función.
- Pág. 7C: "o sea, el dibujo sí lo tenía, lo que no tenía era la, la relación que tenían cada uno de ellos".
- Pág. 8: ¡quiere ver ella misma una foto y en colores!
- Pág. 9A: no sabe dibujar -no plasma en un dibujo las estructuras de la célula o su funcionamiento, que dice que tiene, porque no puede dibujarlo; ¿podría ser que tiene un modelo pero no imagen? Dice: "yo prefiero decírtelo y que tú te lo vayas imaginando".
- Pág. 11: al ver los mapas, creo que es relevante que Laura tiene en los tres mapas un esquema común.
- Pág. 12A: no puede imaginarse los procesos y se los estudia de memoria.

NOMBRE: Laura

CURSO: COU A

FECHA: 8-6-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Nucleolo/ARN/cromosomas, núcleo, citoplasma, membrana plasmática, células, nutrición, relación, reproducción, ribosomas, mitocondrias (células animales), mitosis, lisosomas, plastos (células vegetales), dictiosomas, fotosíntesis, aparato de Golgi, vacuolas (mucho más desarrolladas en células vegetales).	Seres vivos, entropía, célula, orgánulos, mitocondrias, cloroplastos, ribosomas, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, retículo endoplasmático, procariotas, eucariotas, c. animales, c. vegetales.	Seres vivos, célula, mitocondrias, cloroplastos, ribosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, membrana celular, núcleo, vacuolas, principios inmediatos inorgánicos, principios inmediatos orgánicos, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, entropía, nutrición, relación reproducción, catabolismo, anabolismo, endocitosis, fagocitosis, autofagia, mitosis, meiosis, gametos, recombinación genética, ADN, péptidos, aminoácidos, ácidos grasos, glucógeno, metabolismo.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria (¡no hay nada de funcionamiento!	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas (¡tampoco mucho!)	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Poco significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil (funciones y partes generales)	De libro	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Laura

CURSO: COU A

FECHA: 8-6-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana plasmática, lisosomas, vacuolas, mitocondria, energía, respiración celular, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, citoplasma, núcleo, ribosomas, célula.	Ser vivo, vida, energía, materia, célula, ácidos nucleicos, proteínas, lípidos, reacciones, transporte, ósmosis, organismo, herencia, metabolismo, principios inmediatos, sales minerales, agua, medio, vegetales, bioelementos, animales, permeabilidad.	Organismo, energía, animales, heterótrofos, funciones vitales, medio, cloroplastos, orgánulos, vegetales, tilacoides, estroma, fotosíntesis, fermentaciones, catabolismo, autótrofos, moléculas, anabolismo, glúcidos, células, entropía, glucólisis, ciclo de Krebs, hialoplasma, ATP, proteínas, grana, vesículas, digestión, lípidos, ácidos grasos.	Aparato de Golgi, lisosomas, mitocondrias, célula, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, seres vivos, vida, relación, nutrición, reproducción, eucariotas, núcleo, procariotas, orgánulos, respiración celular, cloroplastos, fotosíntesis, retículo endoplasmático liso, lípidos, proteínas, reacciones, energía, membrana plasmática, citosol, ATP, ciclo de Krebs, dictiosomas, endocitosas, enzimas, transporte, medio, nutrientes, animales, ácidos grasos, síntesis, deshecho, agua.	Proteínas, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, organismo, enzimas, reacciones, solubilidad, desnaturalización, especificidad, holoenzimas, cofactor, apoenzima, coenzima, catálisis, energía, síntesis de proteínas, ARN mensajero, ADN, citoplasma, núcleo, ribosoma, ARN transferente, anticodones, codon, aminoácidos, citosol, inmunidad, antígeno, anticuerpos, sueros, vacunas, linfocitos, plantas, animales, transporte, respuesta inmune, respuesta celular, respuesta humoral.	Cromosomas, meiosis, genes, euploidía, aneuploidía, metafase, cromátidas, recombinación genética, función vital, seres vivos, gametos, diploides, haploides, variabilidad, mitosis, herencia, molécula, ADN, ARN, núcleo, citoplasma, información, proteína, ARN mensajero, membrana nuclear, sobrecruzamiento, centrómeros, huso acromático, profase, leptoteno, zigoteno, paquiteno diploteno, anafase, telofase, gametogénesis, oogonias, óvulo, ácidos nucleicos, síntesis de proteínas, transcripción, traducción, organismo, aminoácidos, reproducción, genotipo, heterocigótico, homocigótico, genoma, delección, inversión, reproducción sexual, reproducción asexual, nucleolo, cinetócoros.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal (Ej: preg de pcd.)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin discurso, sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (Ej: célula)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre (no hay aplicación ni relaciones)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg.1)	Organización autónoma (Ej: preg. 4)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: preg. 2)	Repetición mecánica (+2)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (muy limitado del dibujo)	No uso (sólo un esquema de ósmosis)	Uso (cloroplasto y un esquema)	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Elaboradas	Pobres	Pobres (Ej: preg. Pcd.)	Pobres	Pobres (¡pero hay! Ej: preg. 4)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

+2: (¡Estoy entrando en contradicción! ¿por qué es repetición mecánica y no organización autónoma? Yo creo que es así porque en todas las preguntas de conceptos expresa las mismas ideas y del mismo modo que los libros y lo trabajado en clase; no organiza de manera personal ni relaciona o aplica. Además, hay errores propios de repetición mecánica.)

NOMBRE: Laura

CURSO: COU A

FECHA: 8-6-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> ¡ojo! No hace dibujo 2 -funcionamiento. Núcleo mitocondrias, membrana plasmática, ósmosis, poros, aparato de Golgi, corpúsculos, jugo nuclear, ARN mensajero, ARN transferente, ribosomas.	<ul style="list-style-type: none"> no hace dibujo 1. No hace dibujo 2. No cita nada en el dibujo 3. 	Invaginación, alimentos, poros, membrana plasmática.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡¡ni eso!!)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (con palabras y no con dibujos -no dibuja estructuras)	Identificación (¡ni eso! Dibuja algunas estructuras pero no nombra nada ni las identifica)	Identificación (¡ni eso! Dibuja algunas estructuras pero no las nombra y escribe una frase)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático (lo que sí se ve es que parece tener una imagen ¡! Más real, más compleja de la estructura; este dibujo no se parece en nada al primero (octubre)

NOMBRE: Laura

CURSO: COU A

FECHA: 8-6-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, núcleo, ser vivo, vida, entropía, funciones vitales, material genético, organismo, energía, membrana plasmática, ósmosis, mitocondrias, aparato de Golgi, corpúsculos, ARN mensajero, ARN transferente, ribosomas, jugo nuclear, información, poros.
Origen de la vida 18/11/96	Ser vivo, vida, energía, materia, célula, ácidos nucleicos, proteínas, lípidos, reacciones, transporte, ósmosis, organismo, herencia, metabolismo, principios inmediatos, sales minerales, agua, medio, vegetales, bioelementos, animales, permeabilidad.
ex. GLUC. 9/12/96	Organismo, energía, animales, heterótrofos, funciones vitales, medio, cloroplastos, orgánulos, vegetales, tilacoides, estroma, fotosíntesis, fermentaciones, catabolismo, autótrofos, moléculas, anabolismo, glúcidos, células, entropía, glucólisis, ciclo de Krebs, hialoplasma, ATP, proteínas, grana, vesículas, digestión, lípidos, ácidos grasos.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Nucleolo/ARN/cromosomas, núcleo, citoplasma, membrana plasmática, células, nutrición, relación, reproducción, ribosomas, mitocondrias (células animales), mitosis, lisosomas, plastos (células vegetales), dictiosomas, fotosíntesis, aparato de Golgi, vacuolas (mucho más desarrolladas en células vegetales).
ex. LÍP. 26/2/97	Aparato de Golgi, lisosomas, mitocondrias, célula, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, seres vivos, vida, relación, nutrición, reproducción, eucariotas, núcleo, procariotas, orgánulos, respiración celular, cloroplastos, fotosíntesis, retículo endoplasmático liso, lípidos, proteínas, reacciones, energía, membrana plasmática, citosol, ATP, ciclo de Krebs, dictiosomas, endocitosis, enzimas, transporte, medio, nutrientes, animales, ácidos grasos, síntesis, deshecho, agua.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, organismo, enzimas, reacciones, solubilidad, desnaturalización, especificidad, holoenzimas, cofactor, apoenzima, coenzima, catálisis, energía, síntesis de proteínas, ARN mensajero, ADN, citoplasma, núcleo, ribosoma, ARN transferente, anticodones, codon, aminoácidos, citosol, inmunidad, antígeno, anticuerpos, sueros, vacunas, linfocitos, plantas, animales, transporte, respuesta inmune, respuesta celular, respuesta humoral.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Seres vivos, entropía, célula, orgánulos, mitocondrias, cloroplastos, ribosomas, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, retículo endoplasmático, procariotas, eucariotas, c. animales, c. vegetales.
ex. AN. 12/5/97	Cromosomas, meiosis, genes, euploidía, aneuploidía, metafase, cromátidas, recombinación genética, función vital, seres vivos, gametos, diploides, haploides, variabilidad, mitosis, herencia, molécula, ADN, ARN, núcleo, citoplasma, información, proteína, ARN mensajero, membrana nuclear, sobrecruzamiento, centrómeros, huso acromático, profase, leptoteno, zigoteno, paquiteno, diploteno, anafase, telofase, gametogénesis, oogonias, óvulo, ácidos nucleicos, síntesis de proteínas, transcripción, traducción, organismo, aminoácidos, reproducción, genotipo, heterocigótico, homocigótico, genoma, delección, inversión, reproducción sexual, reproducción asexual, nucleolo, cinetócoros.
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana plasmática, lisosomas, vacuolas, moléculas, mitocondria, energía, respiración celular, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, citoplasma, núcleo, ribosomas, célula.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Invaginación, alimentos, poros, membrana plasmática.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Seres vivos, célula, mitocondrias, cloroplastos, ribosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, membrana celular, núcleo, vacuolas, principios inmediatos inorgánicos, principios inmediatos orgánicos, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, entropía, nutrición, relación, reproducción, catabolismo, anabolismo, endocitosis, fagocitosis, autofagia, mitosis, meiosis, gametos, recombinación genética, ADN, péptidos, aminoácidos, ácidos grasos, glucógeno, metabolismo.
Cuestionario final 29/5/97	Organismo, funciones vitales, seres vivos, orgánulos, célula, medio, nutrientes, vida, eucariotas, núcleo, procariotas, metabolismo, energía, descendencia, entropía, nutrición, relación, reproducción, glucólisis, ciclo de Krebs, ATP, información, vegetales, ADN, mitosis, meiosis, gametos, recombinación.
Entrevista. 5/6/97	Funciones vitales, entropía, ser vivo, células, vida, nutrición, catabolismo, respiración, animales, plantas, mitocondrias, orgánulos, aparato de Golgi, núcleo, materia, cromosomas, sales minerales, nutrientes, anabolismo, fotosíntesis, ribosomas, DNA, RNA, huso acromático, meiosis, mitosis, cadena transportadora de electrones, crestas mitocondriales, membrana, nucleolo, poros, citoplasma, glucólisis, ciclo de Krebs, cloroplastos.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMS. ESTRUCT. Orgánulos	Núcleo, membrana plasmática, mitocondrias, aparato de Golgi, corpúsculos, ribosomas, jugo nuclear, poros.	-	Cloroplastos, orgánulos, tilacoides, estroma, hialoplasma, grana, vesículas.	Nucleolo, cromosomas, núcleo, citoplasma, membrana plasmática, ribosomas, mitocondrias, lisosomas, plastos, dictiosomas, aparato de Golgi, vacuolas.	Aparato de Golgi, lisosomas, mitocondrias, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, núcleo, cloroplastos, retículo endoplasmático liso, membrana plasmática, citosol, dictiosomas.	Citoplasma, núcleo, ribosoma, citosol.	Orgánulos, mitocondria, cloroplastos, ribosomas, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, retículo endoplasmático.	Cromosomas, núcleo, citoplasma, membrana nuclear, centrómeros, huso acromático, nucleolo, cinetócoros.	Membrana plasmática, lisosomas, vacuolas, mitocondria, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, citoplasma, núcleo, ribosomas.	Poros, membrana plasmática.	Mitocondrias, cloroplastos, ribosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, membrana nuclear, núcleo, vacuolas.	Orgánulos, núcleo.	Mitocondrias, orgánulos, aparato de Golgi, núcleo, cromosomas, ribosomas, huso acromático, crestas mitocondriales, membrana, nucleolo, poros, citoplasma, cloroplastos.	AG6,centrómero1,cinetócoro1,ctpl5,ctsl2,cltp5,crestit1,crma3,dictiosoma2,grana1,hpl1,husoac2,liss4,mubr8,mbrnuc12,mbrpl5,mitc7,núcl9,nulo3,org4,poro3,RE4,REL3,RER3rib8,tilacoides1,vesc1.
Moléculas	Material genético, ARN mensajero, ARN transferente.	Ácidos nucleicos, proteínas, lípidos, principios inmediatos, sales minerales, bioelementos, agua.	Moléculas, glúcidos, ATP, proteínas, lípidos, ácidos grasos.	ARN.	Lípidos, proteínas, ATP, enzimas, nutrientes, ácidos grasos, agua.	Proteínas, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, enzimas, holoenzimas, cofactor, apoenzima, coenzima, ARN mensajero, ADN, ARN transferente, anticodones, codon, aminoácidos.	-	Genes, cromátidas, molécula, ADN, ARN, proteína, ARN mensajero, ácidos nucleicos, aminoácidos, genoma.	Moléculas.	Alimentos	Principios inmediatos, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN, péptidos, aminoácidos, ácidos grasos, glucógeno.	Nutrientes, ATP, ADN.	Sales minerales, nutrientes, DNA, RNA.	Acgr3,AN3,ADN4,agua3,aa3,apoenz1,ARN5,ARNm3,ARNt2,ATP3,codon1,coenz1,cofactor1,cromát1,enz2,gen3,glúc3,glucógeno1,líp5,molécula3,PI3,nutrientes3,prot6,sm3.
PROCESOS Mts.	-	metabolismo	Heterótrofos, fotosíntesis, fermentaciones, catabolismo, autótrofos, anabolismo, glucolisis, ciclo de Krebs, digestión.	Fotosíntesis.	Respiración celular, fotosíntesis, ciclo de Krebs, síntesis, deshecho.	Catálisis, síntesis de proteínas.	-	Síntesis de proteínas, transcripción, traducción.	Respiración celular.	-	Catabolismo, anabolismo, metabolismo.	Metabolismo, glucólisis, ciclo de Krebs.	Catabolismo, respiración, anabolismo, fotosíntesis, cadena transportadora de electrones, glucólisis, ciclo de Krebs.	Anb3,autóf1,cat3,catálisis1,cKrebs4,digest1,fermet1,ftst4,glucólisis2,heterf1,mtb3,resp3,respcel2,sprot2traducción1,transcrp1.
Otros	Funciones vitales, ósmosis.	Transporte, ósmosis, permeabilidad.	Funciones vitales.	Nutrición, relación, reproducción, mitosis.	Relación, nutrición, reproducción, endocitosis, transporte.	Transporte.	-	Meiosis, euploidía, aneuploidía, metafase, recombinación, función	-	Invaginación	Nutrición, relación, reproducción, endocitosis, fagocitosis, autofagia,	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, mitosis,	Funciones vitales, nutrición, mitosis, meiosis.	Anaf1,aneuploidía1,delección1,diploide1,diploeno1,endocit2,euploidía1,fagoci

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
								vital, diploides, haploides, variabilidad, mitosis, sobrecruzamiento, profase, leptoteno, zigoteno, paquiteno, diploteno, anafase, telofase, reproducción, deleción, inversión, reproducción sexual, reproducción asexual.			mitosis, meiosis, recombinación.	meiosis, recombinación.		t1,FV4,haploides1,inversión1,meiosis4,metaf1,mitosis5,nut5,6s,mosis2,prof1,rel4,rep5,rsex1,rsex1,so,recruz1,telof1,transporte5.
CONCEPTOS GRALES:	Célula, ser vivo, vida, entropía, organismo, energía, información.	Ser vivo, vida, energía, materia, célula, reacciones, organismo, herencia, medio, animales, vegetales.	Organismo, energía, animales, medio, vegetales, célula, entropía.	-	Célula, seres vivos, vida, procariotas, reacciones, energía, medio, animales.	Organismo, reacciones, energía, plantas, animales.	Seres vivos, entropía, célula, procariotas, eucariotas, animales, vegetales.	Seres vivos, herencia, información, organismo.	Energía,célula.	-	Seres vivos, célula, entropía.	Organismo, seres vivos, célula, medio, vida, eucariota, procariota, energía, descendencia, entropía, información, vegetales.	Entropía, ser vivo, vida, animales, plantas, materia, células.	Ani6,célula9,energía7,entropía6,eucart2,herencia2,información3,materia2,medio4,organismo6,planta2,procart3,react3svv8,vgt4,vinda5.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	-	Solubilidad, desnaturalización, especificidad, inmunidad, antígeno, anticuerpos, sueros, vacunas, linfocitos, respuesta inmune, respuesta celular, respuesta humoral.	-	Gametos, gametogénesis, oogonias, óvulos, genotipo, heterocigótico, homocigótico.	-	-	Gametos.	Gametos	-	Anticuerpo1, antígeno1,especificidad1, gameto3,genotipo1,inmunidad1,linfocito1,respcel1,respsumoral1, respinmune,suero1,vacuna1,solubilidad, desnaturalización.
MODELO	A	(B) ;OJO! NO MODELO ESTRUC.	B	A	B	B	A	A	A	A	C	B	B	A/B

¿Cómo piensa Laura la célula? ¿Qué representación construye en su mente para que actúe como intermediaria frente a esta compleja entidad? Está claro que cuando empieza el curso para Laura la célula no es una entidad compleja, es un ente que ella reconoce pero que lo hace como una estructura, no asignándole a la misma ninguna otra connotación. Eso, al menos, es lo que se desprende del primer registro que se obtiene de Laura, el cuestionario inicial (22-10-96), que nos aporta datos susceptibles de ser interpretados en este sentido y de permitir deducciones e inferencias sobre su modo de pensar y de enfrentarse con la célula. En este cuestionario, esta joven utiliza un lenguaje muy libresco, frases muy prototípicas que une y articula a través de un discurso pobre que da signos de que Laura lo que hace en el mismo es repetir mecánicamente la información que ha trabajado. Esto genera un modelo mental pobremente explicativo y pobremente predictivo, que es lo que evidencia este cuestionario, y en el que, lógicamente, no se producen, no se establecen deducciones e inferencias, dada esa limitación. Cuando se le pide cómo representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, lo que plasma Laura es lo siguiente:

"Como comentábamos el otro día en clase, algo así como un huevo frito"



"He hecho dos dibujos porque en el primero puede pensarse que es algo plano. El segundo he querido darle un poco de "perspectiva"."

Así de simple y así de pobre es la representación que ha construido ante esta tarea; tan simple y tan pobre que, si bien es cierto que usa bastantes conceptos organulares, no es capaz de identificar y delimitar sus estructuras características y, por supuesto, no hace referencia alguna a su papel en la célula. No establece conexiones y ni tan siquiera centra su respuesta en función de la demanda planteada, no establece, como se decía, inferencias y deducciones que sean mínimamente consistentes.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

"Que pueda vivir por sí sola, como un organismo cualquiera, que realice las funciones vitales, que necesite un aporte constante de energía, etc".

El funcionamiento que Laura le asigna en este momento a la célula es tan limitado como lo que a continuación se expondrá, tanto que no hay hilo conductor y sólo responde a frases sueltas que no dan cuenta de lo que es la dinámica celular.

"El núcleo dirige todo el funcionamiento, desde allí se coordinan las diferentes actividades que tiene que realizar.

Los ARN mensajeros y ARN transferentes se encargan de llevar y traer información con sus bases, adenina, citosina, guanina y uracilo.

Las mitocondrias, los ribosomas, etc ... tienen también su función y todo como he dicho antes lo dirige el núcleo".

Si se le pide que plasme este funcionamiento gráficamente, no da cuenta de esta tarea y para ello recurre a una analogía que, además, explica con extrema brevedad y que es producto de repetición mecánica de lo trabajado en clase.

"Como una fábrica perfectamente estructurada, con trabajadores que saben perfectamente desempeñar su función, un todo".

¿Qué ocurre cuando la ponemos en situación de hacerle frente al examen de Origen de la Vida (18-11-96)? ¿Requiere generar un modelo de célula? Varias preguntas del ejercicio precisan pensar en la célula bien de manera explícita o bien de manera implícita y suponen hacer rotar el modelo -¡o la representación!- construida. Y es curioso lo que hace Laura en este ejercicio; ¡no usa ni un solo concepto relativo a estructuras o a orgánulos! y sí algunos que se refieren a moléculas constituyentes de las células. Si observamos los conceptos comportamentales de los que echa mano, vemos que en términos energéticos sólo usa "metabolismo" (¡muy genérico!) y otros tres referidos a procesos de otra naturaleza. ¿Significa esto que no tiene un modelo de estructura? ¿Puede explicar los conceptos funcionales que utiliza sin un modelo de estructura, sin hacerlos descansar en una estructura determinada? ¿O es que no puede explicar, que no tiene poder explicativo y lo que hace es repetir y manejar proposicionalmente algunas sentencias con los mismos? Recurramos a los datos que nos aporta el ejercicio para ver si podemos darle respuesta a estas cuestiones. Laura muestra dificultades para asignarle carácter vivo a esta entidad, para dotarla de su comportamiento característico y eso se plasma en el primero de los párrafos con los que da respuesta a la pregunta:

- ¿Consideras que la presencia en un tubo de ensayo de todas las moléculas de la materia viva nos daría como resultado una célula ?. Explica las razones en las que fundamentas tu opinión utilizando, al menos, cuatro de los ocho o diez posibles argumentos que hemos trabajado.

"No daría una célula, porque como hemos visto en clase la vida es algo más complicado, y no aparece por el simple hecho de juntar sus componentes, es más, los científicos (y nosotros) no logramos explicar cómo si la materia viva e inerte tienen los mismos componentes H, C, O, P, S, etc una está viva y la otra no.

Con esto llegamos a pensar que entonces la explicación se encontraba en que unos poseían alma y otros no, pero claro, eso no se puede demostrar (al menos por ahora)".

Claro está que, así, su comprensión de la célula es limitada y, ante demandas que la obliguen a utilizar este concepto, recurre a repetir mecánicamente una definición que no entiende.

"A partir de este nivel se considera que hay vida.

Es la unidad anatómica y fisiológica de todos los seres vivos, según la teoría celular toda célula procede de una anterior, transmiten la herencia genética de una generación a la siguiente, en ella se realiza todo el metabolismo y síntesis de alimentos".

No parece que haya integración, no ya entre los aspectos estructural y funcional, sino entre las distintas frases que usa, no parece que esté operando mentalmente más que en un terreno proposicional, con un conjunto de proposiciones o sentencias que no analiza a la luz de ningún modelo o referente explicativo. Llama la atención, en todo caso, la diferencia en el lenguaje entre la anterior explicación de célula y lo que hemos seleccionado en su respuesta anterior, respuesta que parece bastante personal y elaborada en contraposición a ésta última. ¿Pero, entonces, construyó o no Laura un modelo mental en esta ocasión? Es curioso, como decíamos, que no usa nada referido a

orgánulos pero llama la atención también que es capaz de pensar en términos biológicos, con errores, pero es capaz de razonar válidamente y eso parece poco probable si no se tiene un modelo mental pues son estas representaciones las que permiten la comprensión de los fenómenos complejos, es decir, para razonar válidamente en términos biológicos, científicos en general, se requiere comprensión y eso supone, cuanto menos, la modelización de la situación que se pretende comprender y explicar; de este modo, se puede anticipar comportamiento, se puede también predecir, se pueden establecer deducciones e inferencias que sean elaboradas y, por lo tanto, la presencia de éstas supone la construcción de un modelo mental que atiende al funcionamiento celular, un funcionamiento que no hace descansar o no apoya en las estructuras que lo soportan, por lo que su construcción, su modelo, se interpreta como modelo dual ya que atiende por separado a ambos aspectos o vertientes constituyentes y características de una célula. Expongamos una de esas deducciones como ejemplo.

- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.
 - ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría? ¿Tiene algún fundamento biológico?

"La nariz se encuentra taponada por la mucosa, al tratar con este producto vemos que contiene más solutos, por lo que las células de la nariz van a intentar igualarse, entonces pierden el agua que contenían y así al sonarnos enseguida quedaríamos descongestionados.

Ver no vamos a ver nada, lo deducimos después de haber realizado la experiencia".

Este modelo dual que atiende por un lado a estructuras y por otro a comportamiento es el que se desprende de lo que plasma Laura en el examen de Glúcidos (9-12-96), un examen en el que nuevamente detectamos que elabora y organiza sus frases y la información de manera muy personal, muy autónoma, mostrando un discurso que es gramaticalmente coherente y que tiene un hilo conductor claro. En esta ocasión esta joven recurre a conceptos estructurales (tanto referidos a orgánulos como a moléculas) y funcionales (casi exclusivamente metabólicos y, además, con profusión), lo que da idea, al menos, de un mayor equilibrio entre ambos aspectos. Pero debe estar operando en ese doble nivel, es decir, un esquema estructural y otro funcional, sin conexiones entre ellos, a juzgar por las dificultades que manifiesta en el establecimiento de inferencias y deducciones, que resultan bastante pobres; otra muestra de ello viene dada por la confusión y la ambigüedad a la hora de explicar los procesos biológicos, ya que suponen problemas de comprensión, ¡una modelización limitada e insuficiente!, y también la separación de dichos aspectos, por ejemplo, cuando no se hace referencia alguna a alguno de los mismos, es decir, cuando se explica o bien en términos estructurales o bien en términos funcionales. Eso es lo que parece ocurrir con esta estudiante en el ejercicio que se comenta y prueba de ello es lo que se presenta a continuación extraído del mismo.

- Razona las respuestas :
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis?
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo?
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos?

- *No podemos afirmar eso porque si/no respiraran se morirían, tanto los animales como los vegetales tienen que respirar en todo momento, la diferencia está en que cuando las plantas realizan la fotosíntesis, durante la fase fotoquímica liberan más O_2 del que consumen y en la biosintética liberan CO_2 (que sería lo que vulgarmente diríamos que está respirando, porque desprende CO_2).*
- *El catabolismo sería, a partir de macromoléculas degradarlas para obtener moléculas más sencillas que el organismo asimile, por tanto los seres autótrofos utilizan la energía lumínica y con el CO_2 + el agua obtienen moléculas más complejas, que sería anabolismo, entonces no podríamos hablar de catabolismo autótrofo, sino solamente heterótrofo, ya que nosotros sí degradamos moléculas complejas en otras más sencillas cuando por ejemplo realizamos la digestión.*
- *No, ya que los glúcidos son el "combustible" que utilizan todas las células y sin éstos moriríamos, ellos son los que nos aportan la energía necesaria para seguir viviendo y así ir en contra de la entropía a costa de una continua necesidad de energía.*

Sus deducciones, como se decía, también resultan limitadas y en ellas no recurre a considerar ambos aspectos; un ejemplo es el siguiente:

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

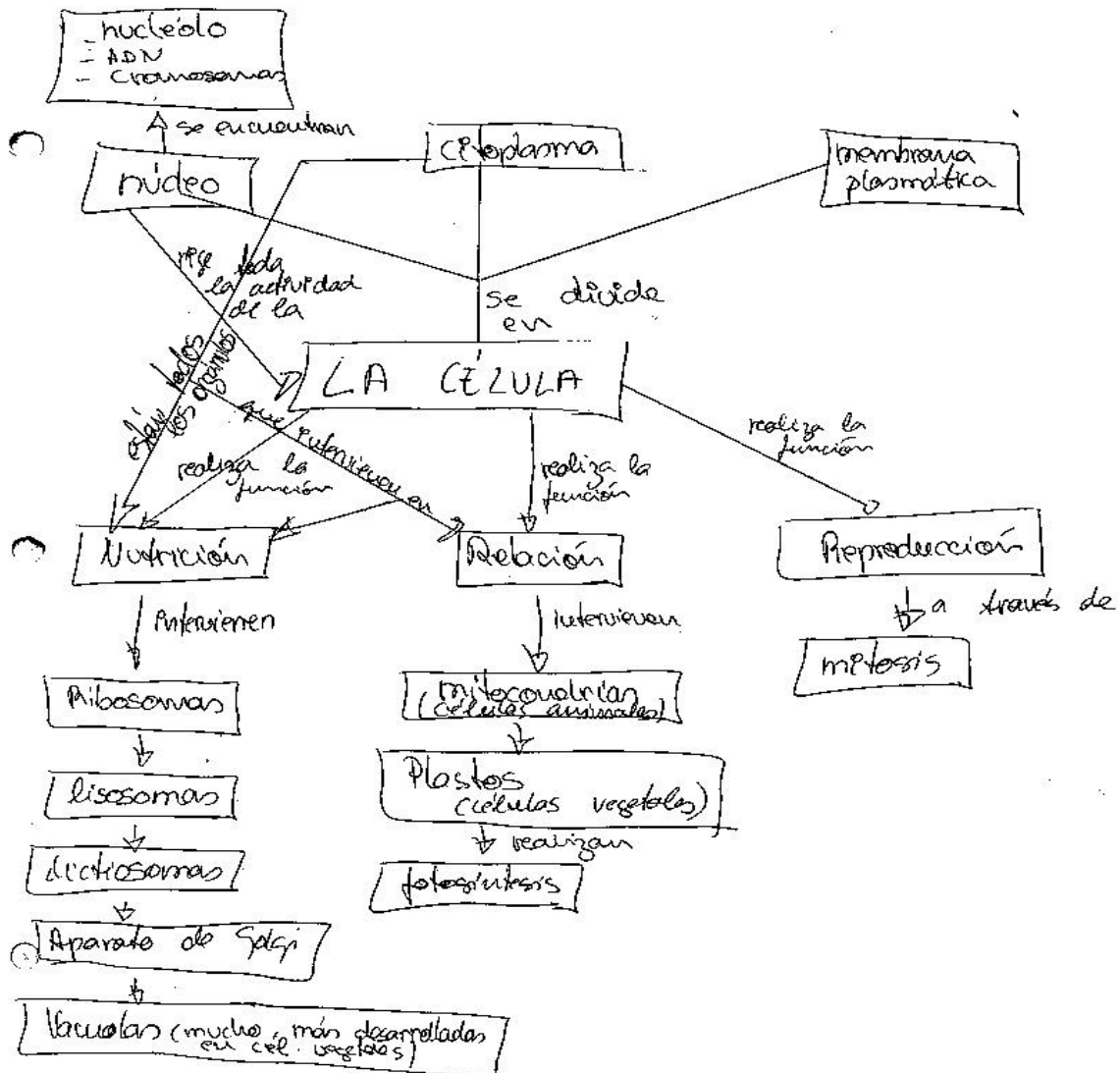
"Durante la ovulación el cuerpo requiere más energía ya que hay un flujo hormonal y por tanto una mayor actividad en el interior del cuerpo, y esto se traduce en la necesidad de tomar alimentos dulces para aportar esa energía que el cuerpo demanda.

Hipótesis: En la fase de ovulación las mujeres presentan una necesidad de tomar cosas dulces.

Lo comprobaría por ejemplo no dejando que tomaran alimento, así podría ver si se vuelven más agresivas, cambia su estado de ánimo y se deprimen, se sienten sin fuerzas, etc ... Que tomaran glucosa pero por ejemplo en unas pastillas con sabor amargo, para ver si es un capricho lo de querer algo dulce o (es) que verdaderamente necesitan glucosa".

Su respuesta sólo plantea aspectos funcionales y no advierte, por ejemplo, la necesidad de construir un tejido especial y especializado que es un elemento estructural.

Recurrimos a otra forma de plasmar lo que se piensa, a otro modo de explicitar las representaciones que se han generado, a otra tarea cognitiva para contrastar con las demás; se solicita un mapa conceptual para plasmar lo que se sabe de la estructura y del funcionamiento celular (9-1-97). Laura lleva a cabo una selección arbitraria de los conceptos que une con relaciones o nexos simples, si es que los pone, y que dan lugar a proposiciones que no significan nada; lleva a cabo o plasma una débil jerarquización que separa por un lado elementos estructurales básicos y, por otro, funciones vitales y añadiendo sobre todo orgánulos y algún que otro proceso. Este mapa se elabora después de haber trabajado intensamente el metabolismo y, por lo tanto, el funcionamiento energético celular y Laura prácticamente ni lo incorpora. Su célula en este momento no es más que una estructura, como puede desprenderse del mapa conceptual que elabora.



Su explicación del mapa que ha elaborado corrobora la "célula estructural" que tiene esta alumna en mente.

"A partir de la célula se puede decir que hay vida es la parte fundamental de todo ser vivo. La célula se divide en membrana plasmática que es doble y contiene unos poros para el intercambio de materia, el citoplasma que es donde se encuentra el citoesqueleto, formado por una serie de microtúbulos y filamentos que dan soporte interno a la célula, y allí se encuentran los orgánulos celulares; el núcleo que es el encargado de regir toda la actividad celular, en el núcleo se encuentra el ADN, necesario para la formación de una nueva célula, ya que toda célula cumple que ha de copiarse exactamente en cada generación.

Los plastos, exclusivos de las células vegetales, son los encargados de realizar la fotosíntesis, mecanismo por el que obtienen energía a través de materia inorgánica y luz solar (anabolismo)".

Cuando en el examen de Lípidos (26-2-97) se le pide que explique qué es una célula, Laura da a entender en lo que comunica que piensa tanto en estructuras como en funcionamiento, pero por separado y, de hecho, habla de una cosa o habla de la otra, estableciendo diferencias en los párrafos. No tiene un modelo global, no explica de manera integrada y, como puede verse, justifica el comportamiento como lo que se ha dado en llamar un funcionamiento-suma de lo que hace cada parte pero sin integración entre ellas. Además, insiste machaconamente, desde que empezó el curso, en la Teoría Celular.

"La célula es la unidad básica de todos los seres vivos, a partir de este nivel decimos que hay vida, ella realiza funciones de relación, nutrición y reproducción.

Podemos encontrar células eucariotas, llamadas así por poseer un núcleo interno diferenciado y células procariotas por carecer de núcleo.

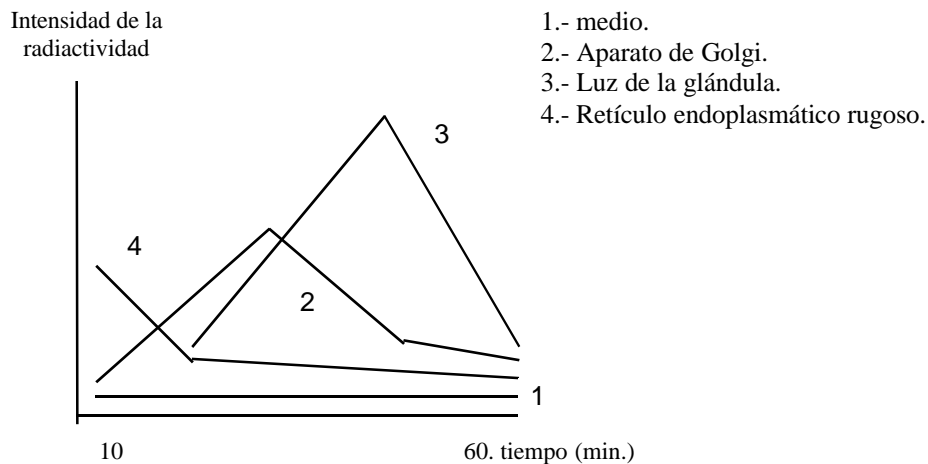
La célula posee diferentes orgánulos específicos para realizar las diferentes funciones, así están las mitocondrias encargadas de la respiración celular, los cloroplastos en células vegetales que llevan a cabo la fotosíntesis, retículo endoplasmático liso y rugoso, el liso realiza la síntesis de lípidos y el rugoso de proteínas, además de transportar diversas sustancias por el interior de la célula, el retículo endoplasmático rugoso se fusiona con la membrana del núcleo.

Según la teoría celular, la célula es la parte fundamental de los seres vivos, toda célula proviene de una anterior ("omnis cellula e cellula"), en el interior de la célula se llevan a cabo las diferentes reacciones por las cuales se obtiene energía".

De este modo, con un modelo dual de célula, su capacidad explicativa es limitada y condiciona, también, la capacidad predictiva, la posibilidad de deducir, de interpretar, de aplicar, de relacionar, de establecer causalidad, lo que se considera, por lo tanto, una consecuencia de la limitación del modelo que Laura ha construido. Ante una pregunta de interpretación de una gráfica que supone, precisamente, todo eso, Laura se limita a describir y a la vista está que no se sabe muy bien qué cosa.

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo.

Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

"Los orgánulos están insertos en el medio, por lo que durante toda la hora que dura el experimento no hay variación de la radiactividad, ya que ésta está en los diferentes orgánulos que sí experimentan cambio según vaya pasando la radiactividad de un lugar a otro. La radiactividad llega primeramente al retículo endoplasmático rugoso, por eso observamos que hay las primeros @15 minutos mucha radiactividad y que luego va disminuyendo, del retículo endoplasmático rugoso pasaría al liso y luego al aparato de Golgi por lo que es a mitad del experimento cuando observamos el aumento de la radiactividad, que finalmente pasaría a luz de la glándula para ser secretado y es por eso por lo que se manifiesta la radiactividad poco antes de finalizar la hora. Así según va

pasando la radiactividad por los diferentes orgánulos nosotros vamos apreciando cuándo hay más radiactividad en un orgánulo que en otro".

Y el examen de Proteínas (14-3-97) no supone ningún cambio con respecto a la construcción mental que ha generado Laura. En este examen vuelven a limitarse sustancialmente los conceptos organulares que utiliza y en términos funcionales tampoco se manifiesta una gran comprensión a juzgar por la limitación de los conceptos usados. Su discurso sigue manteniendo las mismas características, pero se observa poca significatividad en su estructura cognitiva, poca reestructuración de las ideas. Sigue pensando o bien en aspectos estructurales o bien en aspectos comportamentales y expresa estas ideas por separado, incluso dejando alguno de ellos sin responder cuando se demanda explícitamente; hay cierta comprensión en este doble nivel pero muy genérica y lo siguiente da fe de ello:

- ¿Qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas ?.

"Si no existieran las enzimas, muchos procesos que ahora se realizan con rapidez, tardarían mucho en producirse, con lo que se perdería una cantidad de energía y no sería rentable para el organismo, la importancia de los enzimas estriba en esa rapidez y ahorro de energía que le suponen al organismo, el ejemplo claro lo tenemos en personas que por ejemplo no tienen la enzima que rompe al almidón, y por eso tienen que tener cuidado al comer arroz, por ejemplo, o comidas así, por eso hay alimentos en los que vemos en la etiqueta ("SIN GLUTEN"), que son aptos para estas personas, si estas personas tomaran alimentos con gluten, podrían morir, aquí vemos la importancia de los enzimas".

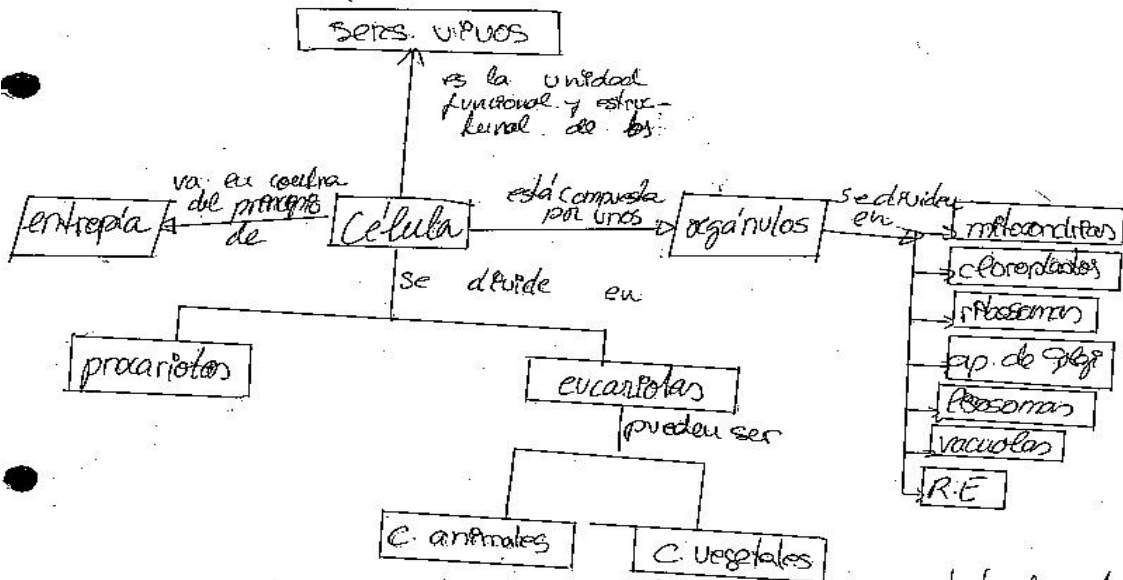
Lo anterior también nos muestra las dificultades que tiene Laura para establecer inferencias y deducciones y rescatar, con ello, su bagaje conceptual para aplicarlo a nuevas situaciones. Este ejercicio tiene algunos ejemplos más que, efectivamente, hacen pensar que se opera en esta cabeza, que se piensa la célula siguiendo un esquema dual.

- Se ha comprobado que las situaciones mantenidas de angustia o estrés provocan el debilitamiento de la respuesta inmunitaria ; en concreto, en un estudio que se hizo sobre un grupo de alumnos al día siguiente de un duro examen se ha observado cómo disminuyen el número y la actividad de los linfocitos matadores (o células NK : Natural Killer), encargadas de la destrucción de las células tumorales.
 - Haz un comentario crítico sobre este texto.
 - ¿Qué relación puede tener el debilitamiento de la respuesta inmune con las situaciones de angustia y estrés ? Busca una explicación científica a este hecho.
 - ¿La sociedad, en general, tiene conocimientos relativos a la inmunidad ?.
¿Consideras importante la formación en este tema ?.

"Todos sabemos que después de un duro examen, y después de una dura semana de exámenes, todos nosotros nos encontramos muy cansados, nos dan mareos, etc y es que, como dice el texto, disminuye el nº y actividad de los linfocitos matadores porque concentramos nuestra energía en estudiar y no descansamos ni dormimos lo suficiente, incluso ni comemos lo suficiente".

No integra, no relaciona lo que pasa estructuralmente con lo que pasa funcionalmente, no reconoce lo que puede estar ocurriendo a nivel celular. ¿Y qué pasa con su segundo mapa conceptual (1-4-97)? El número de conceptos en esta ocasión está limitado a quince y en su selección, esta estudiante ;no elige ninguno molecular ni tampoco funcional!; vemos, pues, que fue arbitraria en la misma y que esto debe responder a una representación mental en ese momento que sólo da cuenta de la

estructura celular. En todo caso, y aun teniendo en cuenta que sólo está operando con la estructura, se observa un cierto cambio con respecto al mapa anterior, ya que los nexos con los que une los conceptos seleccionados son más explicativos y dan lugar a proposiciones que son más significativas que en aquella ocasión; se advierte una jerarquización que es característica de los libros de texto.



El examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) muestra también ejemplos de una forma de operar mentalmente con la célula que da cuenta solamente de su estructura. Repite mecánicamente la información como muestra el hecho de que en las preguntas típicamente conceptuales de este ejercicio expresa las mismas ideas y del mismo modo que los libros de texto y lo trabajado en clase sin ningún grado de elaboración; no organiza esa información de manera personal haciendo uso de un lenguaje libresco y no aplica los contenidos trabajados ni los relaciona, mostrando incluso errores conceptuales propios de esta repetición mecánica. Sus inferencias y deducciones son, además, muy pobres. Una prueba de ello es lo que contesta a la siguiente pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos?. Razona la respuesta.

En su respuesta, Laura recurre a repetir mecánicamente, rescatando, eso sí, algunos contenidos trabajados en el tema anterior, pero no muestra con ello una comprensión aceptable desde el punto de vista biológico. Es tan genérica su argumentación que no podría deducirse de ella que tenga un esquema general de funcionamiento aunque fuese aisladamente con respecto a su estructura; de hecho, no responde a lo que se le demanda, no piensa en una estructura celular y en el papel que en ella ejercen los ácidos nucleicos.

"Los ácidos nucleicos son fundamentales en el funcionamiento de la célula, ya que sin ellos sería imposible la síntesis de proteínas, ellos son los encargados de transmitir al ARN las órdenes necesarias para la transcripción, traducción de las proteínas, un fallo da lugar a la muerte del organismo por la imposibilidad de traducir diferentes aminoácidos, son vitales para la célula y su reproducción de la especie, ya que también contienen la información de los caracteres (genotipo) del individuo".

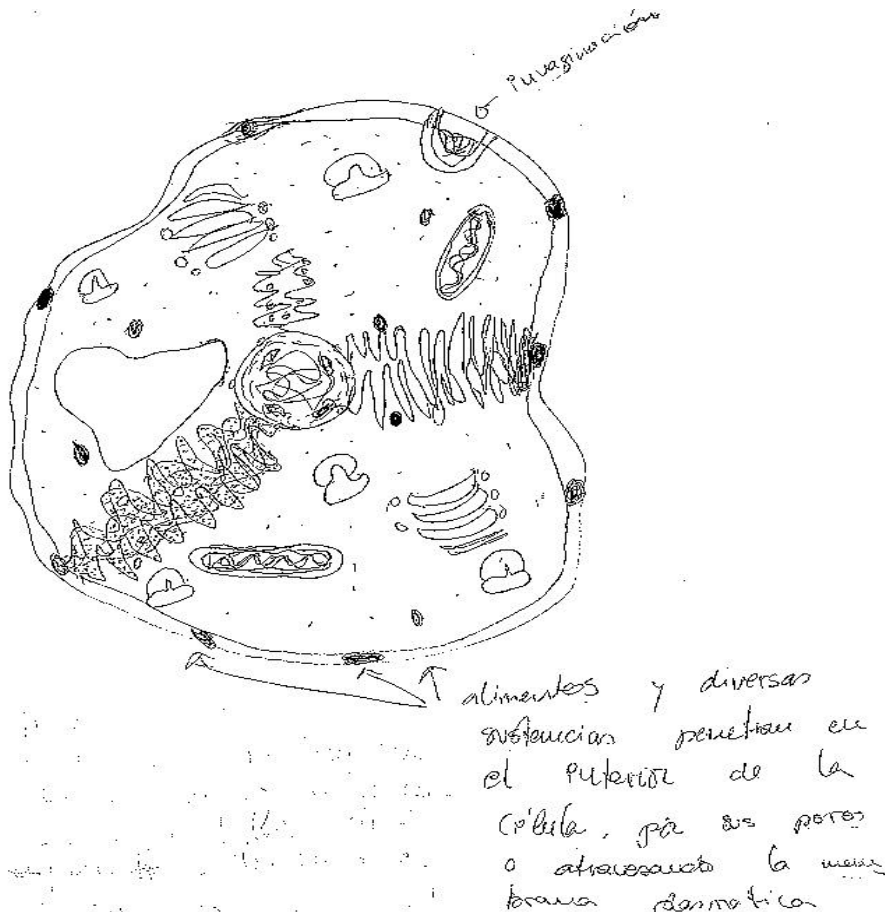
Ese mismo patrón de procesamiento mental es el que se deriva de la interpretación de un dibujo que muestra un símil de la célula. Ante esta tarea, Laura genera también un

análogo estructural, ¡su análogo!, que, como se comprobará más adelante, no la dota de poder predictivo y explicativo, no muestra, a juzgar por lo que escribe, haber desarrollado comprensión al respecto, no genera un modelo global, no modeliza esa célula a la que no se enfrenta más que en términos estructurales, como demuestra el hecho de que sólo recurre a "respiración celular" como único concepto funcional que utiliza. Usa frases sueltas, deslavazadas, no hay discurso, no hay hilo conductor y organizador de la información alguno; utiliza algunos verbos para señalar acciones y, en todo caso, el funcionamiento celular es la suma de las acciones de sus orgánulos constituyentes.

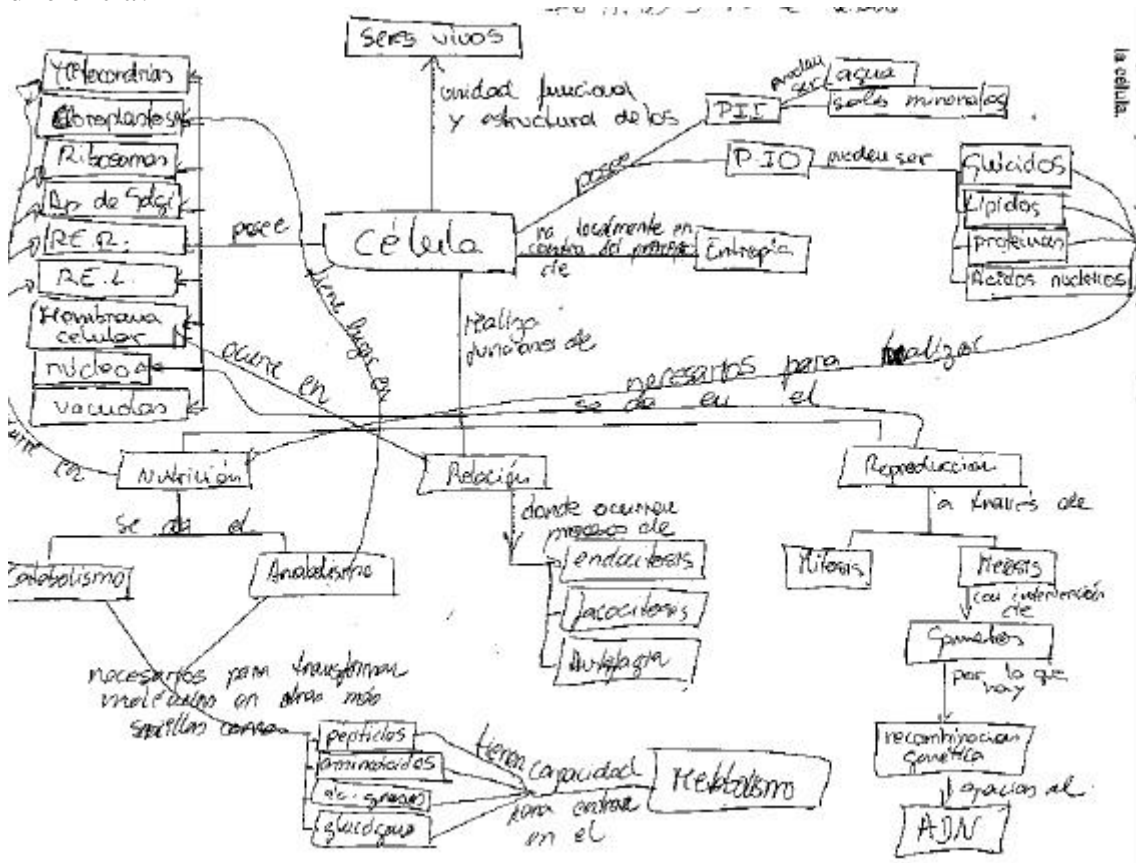
"La membrana plasmática actúa como barrera impidiendo el paso a unas sustancias y dejando que otras lo hagan. Los lisosomas van a "romper" las moléculas mayores (con los martillos). Las vacuolas digestivas se encargan de degradar y romper también moléculas de gran tamaño, la mitocondria es una central de energía, respiración celular, vacuolas de almacenamiento, encargadas de almacenar las sustancias que el cuerpo no necesita en un determinado momento.

Retículo endoplasmático liso y rugoso, pasadizo por donde circulan las sustancias a mayor velocidad, al no estar en el citoplasma, van mejor guiadas hacia el núcleo, al llegar a éste, que es como una central por donde se dictan las normas los ribosomas se encargan de traducir y así cada encargado de la célula tiene una función específica e imprescindible en el funcionamiento de ésta".

En el dibujo que hace para plasmar la estructura y el funcionamiento de una célula se reafirma su modelo sólo estructural de la misma. Es un dibujo simple de los habituales en los libros de texto en el que sólo se observa una cierta delimitación estructural pero en el que ni siquiera hay identificación de los orgánulos constituyentes; el funcionamiento, que es lo que caracteriza a esta entidad como unidad viva, no aparece.



¿Qué pasa en la cabeza de Laura cuando se le pide que elabore el último mapa conceptual (21-5-98)? ¿Construyó de repente un modelo más explicativo y predictivo? ¿Generó por arte de magia una representación global de la célula, cuando sus últimas producciones sólo atendían a su estructura? Lo cierto es que en esta ocasión y ante esta tarea, Laura selecciona adecuada y consistentemente los conceptos, combinando de manera equilibrada aquéllos que hacen referencia a estructuras y aquéllos otros que se refieren a funcionamiento, si bien es cierto que éstos últimos cuando se centran en metabolismo, son extraordinariamente generales, no incorporando significativamente los que hacen referencia a los procesos específicos. Los nexos que utiliza dan lugar a relaciones explicativas que tienen como resultado proposiciones significativas biológicamente, lo que debe ser muestra de su propia significatividad, del significado que ella le atribuye, ya que un mapa conceptual lo que plasma y comunica es eso. Organiza, además, los conceptos que selecciona estableciendo una jerarquización coherente. Todo ello nos lleva a pensar que en esta ocasión Laura ha generado un modelo global, integrado, explicativo y predictivo, de un modelo que la dota de comprensión y esto es lo que sorprende y contrasta con sus últimas producciones en las que todo ello era, como se ha ejemplificado, muy limitado. ¿Cómo se justifica esa diferencia?



Podría admitirse que Laura genera revisión en su construcción, que incorpora elementos nuevos, interacciones que no contemplaba, enriqueciendo su representación para poder entenderla mejor y utilizarla, también, mejor; podría pensarse, también, que efectivamente esta alumna ha tenido problemas para comprender eso que no puede ver, esa entidad para la que no puede verificar su modelo y que, en todo caso, ha hecho intentos por incorporar significativamente la información que le facilitara dicho proceso cognitivo. Y en esa línea, genera, nuevamente, un modelo dual cuando se enfrenta al cuestionario final (29-5-97). Su grado de elaboración personal en las frases que usa, su discurso coherente, su organización autónoma de la información darían cuenta de ello y

estarían en relación con lo que ya hemos visto en el último mapa conceptual. Pero sus inferencias vuelven a ser pobres, lo que supone, otra vez, dificultades y problemas para conectar, para deducir, para relacionar, para predecir cómo pueden funcionar-actuar determinadas estructuras que son las que soportan la vida. Nuevamente, como se decía, habla o bien en términos estructurales o bien en el terreno comportamental. Cuando se le pide cómo representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, no plasma gráficamente nada y responde:

*"Con sus diferentes orgánulos, funciones que realiza e ir relacionándolas.
Haría un dibujo que tuviera forma tridimensional, no en el plano, para poder ver mejor cómo la célula se mantiene y funciona, se relaciona con el medio, intercambia nutrientes, etc ..."*

Pero, como ya se vio, Laura procura integración, intenta interconexión y otra vez nos encontramos con datos de ello.

- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona (una célula)?
- *Se relaciona con el medio para realizar intercambio de nutrientes.*
- *Posee metabolismo propio.*
- *Las distintas funciones van encaminadas al mantenimiento de su estructura tan compleja, por lo que necesita un aporte continuo de energía.*
- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?

"Después de representar los orgánulos, con flechas, y breves explicaciones iría relacionando las funciones que realiza cada orgánulo".

Hay una cierta idea, como se desprende de la última frase, de un funcionamiento-suma, pero es evidente que su modelo ha evolucionado, que es, cuanto menos, más explicativo y no tanto más predictivo; el mejor dato en este sentido lo aporta la respuesta que da al funcionamiento celular, una respuesta extraordinariamente autónoma.

*"La célula realiza tres funciones, nutrición, relación y reproducción.
Para la nutrición, intercambia nutrientes con el medio que posteriormente ella degrada (glucólisis, ciclo de Krebs) para generar energía en forma de ATP.
Para la relación intercambia información con el medio, por ejemplo en las células vegetales dependiendo de la disolución en que se encuentre se pueden volver turgentes si el medio es hipotónico, así evita la rotura de la pared celular.
Para la reproducción el ADN se copia y en la mitosis se dan dos células hijas con el contenido genético idéntico al de la célula madre.
En la meiosis los gametos (n) se unen formando un individuo (2n) con características del padre y de la madre, debido a la recombinación genética".*

La entrevista que se le hace a Laura (5-6-97) muestra algunos aspectos que deben ser considerados. Se observa nuevamente una organización autónoma y fluida de sus ideas, usando frases personales pero genera un discurso, si se puede decir que lo hay, articulado como frases sueltas sin hilo conductor; ella "diría y diría" pero no aplica nada de lo trabajado, no comunica lo que sabe o lo que ha construido en su mente al respecto. Veamos un fragmento de su entrevista en el que se muestra, como ejemplo, su discurso y cómo ella opera en una situación distendida con este contenido; expresa, además, cómo ha procesado esa información para generar un modelo más explicativo.

ML : ¿y tu discurso está articulado o serían frases sueltas ?

Laura : no, no, todo junto, es como un cuento ; como yo empiezo, mira me voy a meter dentro de una célula y no sé qué yo no sé cuánto y te empiezo a contar un cuento para ... y, y, vamos, y ahí te lo, te explico el funcionamiento, los dibujitos, no sé qué ; además es que, es que lo, es lo que yo hago cuando estudio porque si no es muy eso, al ser un montón.

ML : o sea que tú dirías que has integrado bien imágenes con contenido digamos teórico.

Laura : ¡mj ! pero.

ML : que has integrado las dos cosas.

Laura : al, por, sí pero en algunas cosas, por ejemplo, con lo de la glucólisis y esas cosas ya es ¡tch ! a lo mejor en células animales si pero lo de la fotosíntesis ... hasta que entra en eeelll, ¡tch ! en la, la luz de no sé cuántos nanómetros y tal y ahí sí, entonces entra en el complejo colector y no sé, más o menos pues eso si te lo vas imaginando, pero llega una, un punto, por ejemplo, cadena transportadora de electrones, eso ya ... es como, como que me cuesta más verlo, muchísimo más en los, en los (...), los cloroplastos, no sé qué, no sé cuánto, entonces llegas a un punto en que, en que sí lo vas viendo ¿no ? porque la luz, diferentes formas, ¡mmm ! distancias y tal, pero cuando lo de los electrones ya es como.

ML : ¿pero, entonces, tienes un modelo de célula, tanto para estructura como para función ?

Laura : yo creo que, hasta, hasta cierto punto, sí.

ML : sí. ¿Tienes un modelo que es igual al que tenías al principio de curso o ha ido variando ?

Laura : ...¡tch ! ha ido variando pero tampoco mucho, más, ¡tch !, o sea, más por la, por las funciones y cómo se van relacionando los diferentes orgánulos, pero no porque me faltara ningún orgánulo, o sea, el dibujo sí lo tenía, lo que no tenía era la, la relación que tenían cada uno de ellos.

ML : ¿es decir que tienes un modelo más global ?

Laura : ¡mj !

Otra cosa que queda evidente en la entrevista es que Laura no tiene "imaginabilidad", no imagina sino que recurre al discurso, no puede plasmar gráficamente dinamismo sino que lo cuenta.

Laura : es que yo soy muy mal dibujante y para dibujar tonterías ... espera un momento, mira en ésta primero que yo intenté hacer un dibujo y lo que te puse los nombres ; y en ésta intenté hacer y me parece una patochada increíble porque además de que está horrible, tú no vas, a, a lo mejor si, dices : mira, esto es un aparato de Golgi, pero si no lo dices, tampoco me importa porque no lo parece, ... y esto son las mitocondrias y tal, no sé qué, o sea, horrible ; yo no sé dibujar y no, nunca he tenido laaa, las manos para dibujar y no ¡tch !.

ML : pero la mano no es más que el ejecutor.

Laura : yo, además, yo, yo prefiero, yo prefiero decírtelo y que tú te lo vayas imaginando a tu manera ; y además, te lo puedo describir como tú quieras, de mil maneras, un montón de palabras para describírtelo sí que tengo, ¡pero para dibujarlo !

Llama la atención, también, advertir en la propia entrevista la similitud en el esquema general de los mapas conceptuales que elabora; los tres responden a un formato común, si bien con notadas y significadas diferencias. Los tres mapas se han seleccionado como ejemplos, ¡como datos!, de la forma de operar mentalmente que sigue Laura. Una forma de operar ésta que podemos concluir que comenzó siendo sólo estructural y que ha seguido ciertos vaivenes entre ésta y otra forma más global, más explicativa, que da cuenta, si bien por separado, de estructura, por un lado, y de funcionamiento, por otro. Laura parece trabajar con dos modelos cada vez que se enfrenta a la célula como entidad: uno para su estructura y otro para su funcionamiento, lo que se desprende del uso que hace de los conceptos específicos de cada uno de estos aspectos, pues en algunas ocasiones usa sólo conceptos estructurales (orgánulos y/o moléculas) y en otras sólo funcionales o, en el mejor de los casos, usa pocos de algunos

de ellos en relación con los otros. Son ejemplos el examen de Origen de la Vida, el primer y el segundo mapas conceptuales, el símil de la fábrica o el dibujo. En otras ocasiones hace un uso exagerado de procesos celulares pero de manera muy mecánica y sin significatividad como, por ejemplo, en el examen de Ácidos Nucleicos. A juzgar por lo que se observa en el uso de los conceptos en el examen de Origen de la Vida, podríamos plantearnos, incluso, si opera con algún modelo que le permita la comprensión o sólo trabaja con proposiciones aisladas, lo que puede observarse también en el segundo mapa o en el cuestionario final en el que el uso de conceptos biológicos es limitado. De hecho, parece tener un modelo sólido, estable, relativo a la estructura, a los elementos básicos de una célula, incorporando a lo largo del curso a ese modelo moléculas, pero es un modelo que le permite una baja comprensión de los procesos fisiológicos que, en todo caso, usa con profusión pero de manera memorística como ella misma reconoce en la entrevista final. Su modelo final parece ser un modelo que atiende básicamente a la estructura pero una estructura que ella ahora reconoce como entidad compleja, dinámica y no estática, como en un principio, para la que no ha podido construir los elementos básicos que le permitan su comprensión, las interacciones y relaciones que ello supone, operando para ello en un terreno proposicional aunque admite, eso sí, la existencia de dicha complejidad, una complejidad que supone muchas indeterminaciones con las que no puede trabajar. En todo caso, como ha quedado de manifiesto, asigna a esa estructura con la que empezó un funcionamiento que no integra en la misma pero que, cuanto menos, considera. Su modelo se ha movido mucho en el límite entre lo que es un modelo mental exclusivamente estructural y lo que es un modelo mental dual de la célula y si hemos de decidir, podría admitirse que acaba el curso con este último modelo mental como representación de la célula que en el mismo se ha estudiado.

ANEXO N° 8:

JEZABEL

NOMBRE: Jezabel

CURSO: COU A

FECHA: 14-6-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Seres vivos, núcleo, citoplasma, relación, reproducción, nutrición, célula, membrana plasmática, agua, proteína, orgánulo, jugo nuclear, cromatina, nucleolos, centriolos, ribosoma, vacuolas, mitocondrias, retículo endoplasmático, organismo.	Célula, organismos, nutrientes, energía, ATP, orgánulos.	Funciones vitales, células, vida, organismo, vegetal, ser vivo, reproducción, mitocondria, vacuola, retículo endoplasmático, cloroplasto, membrana, citoplasma, núcleo, glúcidos, lípidos, nutrientes, orgánulos, energía.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal (Ej: preg. 3 B -¡¡muy simple!!)	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (1º y 3º) no uso (2º)	Uso (1º y 3º -muy simples) no uso (2º)	<ul style="list-style-type: none"> • Proteína: un trozo de carne. • Ácidos nucleicos: redondelitos. • Célula: un huevo frito. • Catabolismo: maquinaria • Meiosis: reproducción. • Reproducción: un parto. • Anabolismo: proceso, algo funcionando pero distinto al catabolismo. • Relación: dos seres hablando.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento (Ej: preg. 4)	No establecimiento	Pobres (¡mucho!; ej: interpretación de la foto no establecimiento ¡! (20-8-98)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • célula: "como un huevo frito; el núcleo es la yema y la clara el citoplasma". Extrabiol./repetición de clase 	<ul style="list-style-type: none"> • célula: "como un huevo frito". Extrabiol./repetición de clase (¡pero de comienzo de curso!). 	<ul style="list-style-type: none"> • célula (en las imágenes): un huevo frito. Extrabiol./repetición de clase (¡de comienzo de curso!). • Al enseñar la foto: "sinceramente esto parece un pepino". (¡Es una foto de célula en M.E.!).

NOMBRE: Jezabel

CURSO: COU A

FECHA: 14-6-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, glúcidos, monosacáridos, disacáridos, polisacáridos, vegetal, animal, orgánulos, estructurales, pared celular, de reserva, mitocondrias, aparato de Golgi, celulosa, almidón.	Célula, organismo, metabolismo, orgánulos, vegetal, animal, anabolismo, catabolismo, citoplasma, núcleo, membrana. • 11 conceptos; se pidieron 15.	Célula, funcional, estructural, funcional, genética, organismo, procariota, eucariota, nutrición, relación, reproducción, orgánulos, membrana, citoplasma, ribosomas, núcleo, nucleolo, mitocondrias, vacuolas, proteínas, ARN, ADN, lípidos, respiración celular, almacenamiento.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (¡nada de funcionamiento!)	Arbitraria (por ej: incompleta)	Arbitraria (Ej: funcional, unos P.I.O. sí y otros no, unos orgánulos sí y otros no, unos procesos sí y otros no).
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples (¡y sólo 2; no hay nexos!)	Simples (faltan nexos)	Simples (faltan nexos)
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Poco significativas (¡muy poco!)	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	No lo explica	No lo explica	No lo explica

NOMBRE: Jezabel

CURSO: COU A

FECHA: 14-6-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, orgánulo, núcleo, ADN, síntesis de proteínas, ribosoma, ARN.	No hace	No hace	¡sólo test!	No hace	No hace
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro					
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre					
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica					
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso (no usa el dibujo)					
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento					
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe					

NOMBRE: Jezabel

CURSO: COU A

FECHA: 14-6-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> no hace 2º dibujo -funcionamiento. <p>Centriolos, ribosoma, núcleo, nucleolo, vacuolas, mitocondrias, citoplasma, retículo endoplasmático, membrana plasmática.</p>	<ul style="list-style-type: none"> no nombra nada. No hace 2º dibujo -funcionamiento. 	<p>Lisosomas, vacuolas, almacenamiento, células, vegetales, aparato de Golgi, mitocondrias, energía, fotosíntesis (*1), retículo endoplasmático rugoso, membrana citoplasmática, medio, citoplasma, reacciones bioquímicas, ribosomas, proteínas, núcleo, organismo, DNA, nucleolo, lípidos (*2), retículo endoplasmático liso.</p>
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡ni eso!)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (sólo en el 3º; no identifica en el 1º y no hace el 2º)	<ul style="list-style-type: none"> 1º: huevo frito -no identifica. 2º : no hace. 3º: delimita estructuras pero no identifica. 	<p>Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases (¡grandes!) (hay errores importantes)</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.- fotosíntesis en la mitocondria. Síntesis de lípidos en nucleolo.
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simple-estático	Simple-estático

NOMBRE: Jezabel

CURSO: COU A

FECHA: 14-6-98

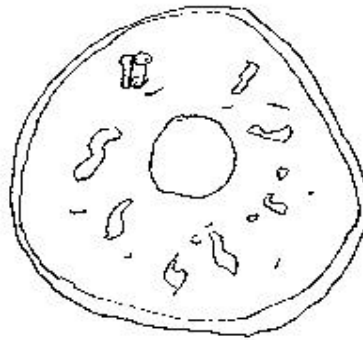
INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Seres vivos, núcleo, citoplasma, relación, reproducción, nutrición, célula, membrana plasmática, agua, proteína, orgánulo, jugo nuclear, cromatina, nucleolos, centriolos, ribosoma, vacuolas, mitocondrias, retículo endoplasmático, organismo.
Origen de la vida 18/11/96	
ex. GLUC. 9/12/96	
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, glúcidos, monosacáridos, disacáridos, polisacáridos, vegetal, animal, orgánulos, estructurales, pared celular, de reserva, mitocondrias, aparato de Golgi, celulosa, almidón.
ex. LĪP. 26/2/97	
ex. PROT. 14/3/97	
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, organismo, metabolismo, orgánulos, vegetal, animal, anabolismo, catabolismo, citoplasma, núcleo, membrana.
ex. AN. 12/5/97	
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana, célula, orgánulo, núcleo, ADN, síntesis de proteínas, ribosoma, ARN.
Dibujo estruc/funcion 19/5/97	Lisosomas, vacuolas, almacenamiento, células, vegetales, aparato de Golgi, mitocondrias, energía, fotosíntesis, retículo endoplasmático rugoso, membrana citoplasmática, medio, citoplasma, reacciones bioquímicas, ribosomas, proteínas, núcleo, organismo, DNA, nucleolo, lípidos, retículo endoplasmático liso.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, funcional, estructural, funcional, genética, organismo, procariota, eucariota, nutrición, relación, reproducción, orgánulos, membrana, citoplasma, ribosomas, núcleo, nucleolo, mitocondrias, vacuolas, proteínas, ARN, ADN, lípidos, respiración celular, almacenamiento.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, organismos, nutrientes, energía, ATP, orgánulos.
Entrevista. 4-6-97	Funciones vitales, células, vida, organismo, vegetal, ser vivo, reproducción, mitocondria, vacuola, retículo endoplasmático, cloroplasto, membrana, citoplasma, núcleo, glúcidos, lípidos, nutrientes, oánulos, energía.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, citoplasma, membrana plasmática, orgánulo, jugo nuclear, nucleolos, centriolos, ribosomas, vacuolas, mitocondrias , retículo endoplasmáti co.	No lo hace	No lo hace	Orgánulos, pared celular, aparato de Golgi, mitocondrias .	No lo hace	No lo hace	Orgánulos, citoplasma, núcleo, membrana.	No lo hace	Membrana, orgánulo, núcleo, ribosoma.	Lisosomas, vacuolas, aparato de Golgi, mitocondrias , retículo endoplasmáti co rugoso, membrana citoplasmáti ca, citoplasma, ribosomas, núcleo, nucleolo, retículo endoplasmáti co liso.	Orgánulos, membrana, citoplasma, ribosoma, núcleo, nucleolo, mitocondrias , vacuolas.	orgánulos	Mitocondria, vacuola, retículo endoplasmáti co, cloroplasto, membrana citoplasmáti ca, núcleo, orgánulos.	AG2,ctrl1,ct pl4,clpt1,liss 1,mnbr6,mm brcitopl2,mm brplasm1,mit c5,núcl6,ncl 3,org7,pared cel1,RE3,RE L1,RER1,rib 4.
Moléculas	Agua, proteína, cromatina.	No lo hace	No lo hace	Glúcidos, monosacárid os, disacáridos, polisacáridos , celulosa, almidón.	No lo hace	No lo hace	-	No lo hace	ADN, ARN.	Proteínas, lípidos, DNA.	Proteínas, ADN, ARN, lípidos.	Nutrientes, ATP.	Glúcidos, lípidos, nutrientes.	ADN2,agua1 ,ARN2,ATP 1,cromat1,gl úc2,líp3,mon osac1,nutrien te2,prot3.
PROCESOS Mts.	-	No lo hace	No lo hace	reserva	No lo hace	No lo hace	Metabolismo , anabolismo, catabolismo.	No lo hace	Síntesis de proteínas.	Almacenami ento, fotosíntesis.	Respiración celular, almacenamie nto.	-	-	Anb1,cat1,fts t1,mtb1,resp 1,respcel1,sí ntesis2,sprot 1.
Otros	Relación, reproducción , nutrición.	No lo hace	No lo hace	-	No lo hace	No lo hace	-	No lo hace	-	-	Nutrición, relación, reproducción .	-	Funciones vitales, reproducción .	FV1,nut2,rel 2,rep3.
CONCEPs GRALES:	Seres vivos, célula, organismo.	No lo hace	No lo hace	Célula, vegetal, animal.	No lo hace	No lo hace	Célula, organismo, vegetal, animal.	No lo hace	Célula.	Célula, vegetales, energía, medio, reacciones bioquímicas, organismo.	Célula, organismo, procariota, eucariota.	Célula, organismos, energía.	Célula, vida, organismos, vegetal, ser vivo, energía.	Ani2,célula8, energía3,euc art1,medio1, organismo6, procat1,react 1,reactbioq1,sv v2,vgt4,vida 1.
OTROS CONCEPs	-	No lo hace	No lo hace	-	No lo hace	No lo hace	-	No lo hace	-	-	-	-	-	
MODELO	A	NO LO HACE	NO LO HACE	A	NO LO HACE	NO LO HACE	A	NO LO HACE	A	A	A	A	A	A

Jezabel genera un modelo mental, una representación de célula que responde a su estructura cuando empieza el curso y es esa misma representación, ese mismo modelo el que mantiene a lo largo de todo él. Para ella la célula sólo hace relación, reproducción y nutrición como procesos y está formada por una abundante cantidad de elementos estructurales que usa, ¡nombra!, y que delimita ultraestructuralmente de manera muy pobre. Jezabel genera este limitado modelo que comunica haciendo uso de un simple discurso en el que repite mecánicamente la información que maneja o, para ser exactos, parte de la misma, como se plasma en el cuestionario inicial (22-10-96) que hace esta alumna; en dicho cuestionario no es capaz de establecer inferencias ni de deducir en términos biológicos. Su modelo, que sólo da cuenta de la estructura, es limitado y no la dota de poder explicativo y, al no establecer conexiones ni inferir consecuencias, tampoco le permite capacidad predictiva. Genera una imagen, a instancias de lo que se demanda, pero es una imagen extraordinariamente simple, huevo frito, y, en todo caso, el recurso a la misma es producto de repetición mecánica de una discusión mantenida en clase sobre este tema. Veamos cómo responde Jezabel ante la pregunta:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

“Pienso es como un huevo frito; el núcleo es la yema y la clara el citoplasma, dicho esquemáticamente”.



Cuando se le pregunta qué haría si tuviera que dibujar cómo funciona una célula, no se obtiene respuesta alguna; este dato confirmaría la ausencia de modelo para el mismo. En otra pregunta, se da la oportunidad a los estudiantes de que expresen cómo creen que funciona una célula; Jezabel responde con una simple frase que, como se comprobará, no responde a la complejidad del mismo.

“Las sustancias (que están en el torrente sanguíneo) entran al citoplasma a través de la membrana plasmática reaccionándose y obteniéndose otras que finalmente son expulsadas. (Es como un ciclo)”.

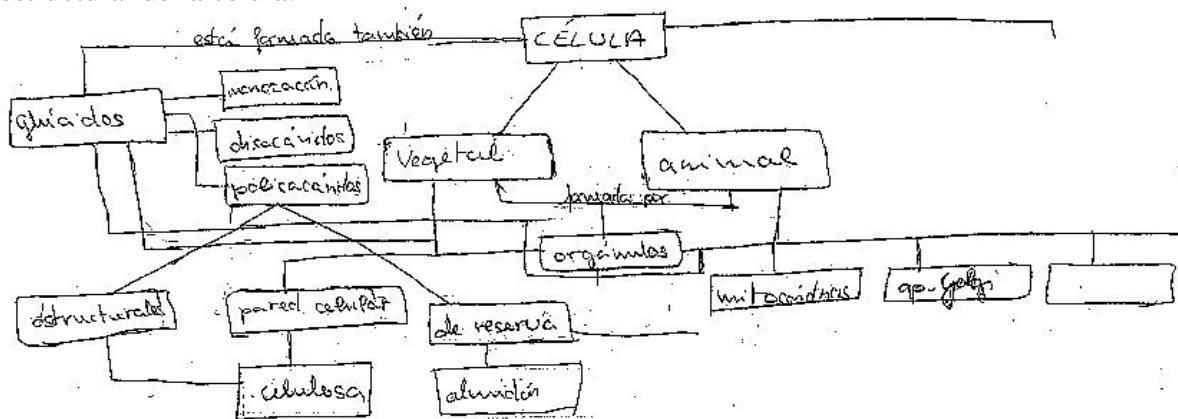
Con un modelo así está claro que no hay muchas posibilidades de inferir, de deducir, de interpretar, ... y, lógicamente, se observan respuestas como la que a continuación se expone.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

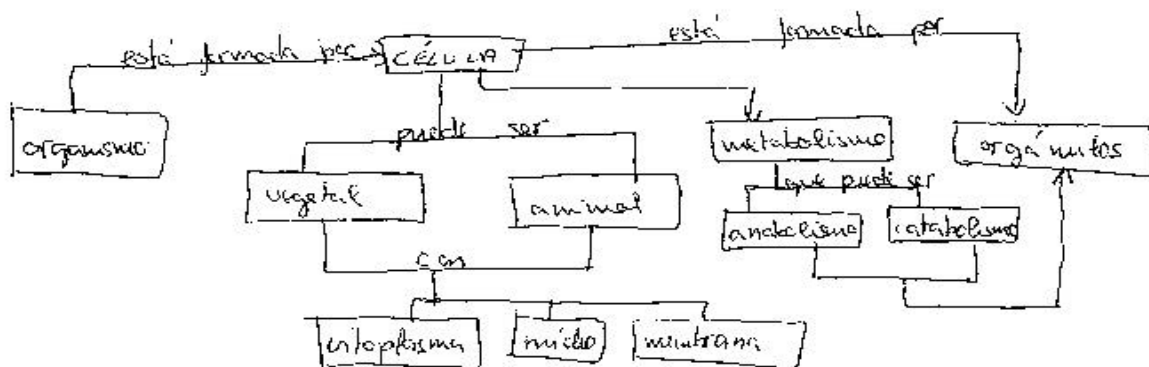
“Yo pienso que una célula tiene que vivir. Una envoltura exterior (membrana plasmática), un citoplasma compuesto por agua y proteína y un orgánulo en el contenido celular constituido por jugo nuclear, cromatina y nucleolos”.

El siguiente registro que se obtiene de Jezabel es el primer mapa conceptual (9-1-97); esta alumna no hizo ninguno de los cinco exámenes que se desarrollan a lo largo del curso y, consecuentemente, dado que entre el cuestionario inicial y el primer mapa

hubo dos, se produce un periodo de tiempo bastante dilatado entre estos dos primeros registros de esta estudiante. ¿Qué mapa elabora Jezabel? ¿Qué modelo mental podemos derivar del mismo? ¿Qué representación construyó en su mente como análogo estructural de la célula para elaborarlo? Lo primero que llama la atención es que usa pocos conceptos y casi todos ellos son estructurales (orgánulos o moléculas), haciendo uso sólo de reserva como concepto funcional. Este mapa es reflejo de un poder o capacidad explicativa bajísima con respecto a la compleja entidad que es la célula; la selección de sus conceptos es arbitraria, estableciéndose, en el mejor de los casos, nexos simples y derivándose de lo anterior la ausencia casi total de significado biológico, lo que, desde nuestra perspectiva, da fe o es reflejo de los significados que esta joven le atribuye a los conceptos que ha seleccionado. No existe jerarquización y tampoco se incorpora la explicación que se ha solicitado del mapa conceptual. Al hacerlo, puede afirmarse, pues, que Jezabel ha generado en su mente una representación sólo estructural de la célula.



No cambia gran cosa su representación cuando elabora su segundo mapa conceptual (1-4-97); nuevamente hay un periodo bastante amplio entre ambos registros. En esta ocasión sólo se permiten quince conceptos para explicar estructura y funcionamiento celular y, curiosamente, son muchos para Jezabel. La primera conclusión que se deriva de lo anterior es la arbitrariedad en la selección pues resulta incompleta y discutible. Siguen faltando nexos, aunque menos, y los que están son muy simples y ello da lugar a proposiciones (¡por lo menos ahora son proposiciones!) que son muy poco significativas. Y sigue también observándose ausencia de jerarquización. Evidentemente el modelo que ha construido, que básicamente da cuenta de la estructura celular, resulta muy poco explicativo como muestra el hecho de que tampoco en esta ocasión Jezabel explica su mapa conceptual.

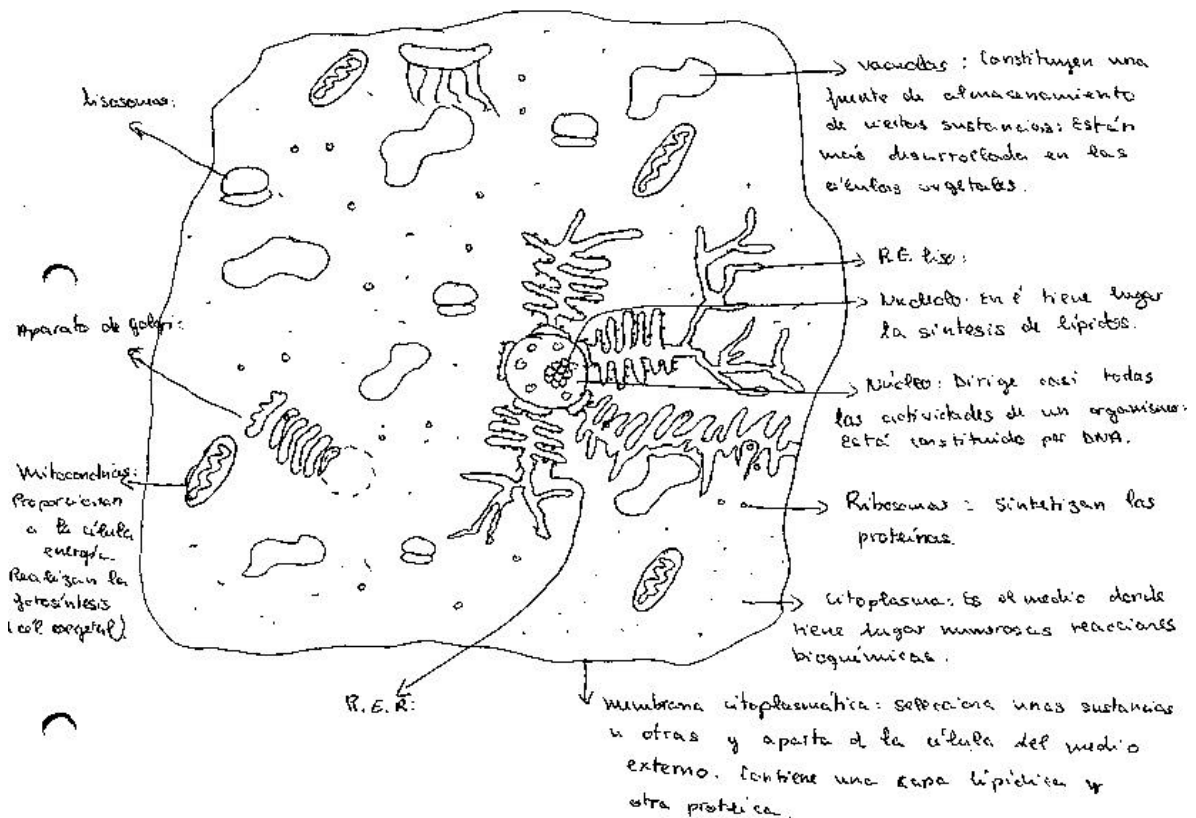


¿Y qué pasa cuando interpreta el dibujo del símil de la célula (mayo, 97)? Su mente vuelve a construir un análogo estructural que sólo usa un esquema que da cuenta

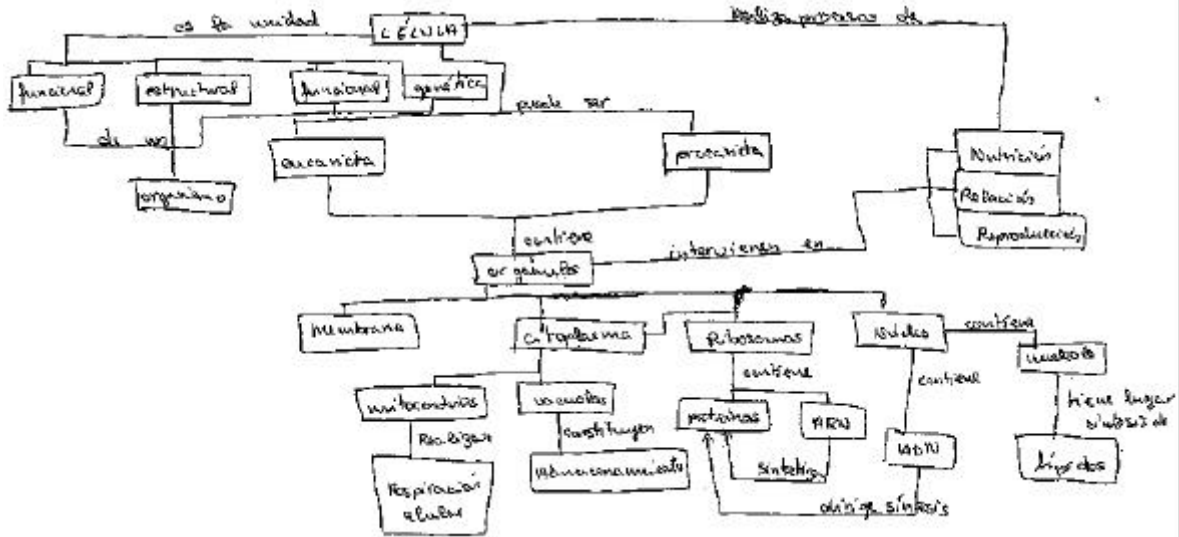
de la estructura; hace una brevísima interpretación en la que hace uso de tres o a lo sumo cuatro frases librescas que tienen poca relación entre sí, pues no hay discurso y eso que dice es simplemente producto de repetición mecánica de la información que su mente procesa. No interpreta partiendo del dibujo, no extrapola y no relaciona nada y, eso sí, imprime un tímido comportamiento a esa entidad llamada célula a través de algunos de los verbos que usa que, como tales, implican acciones (dirigir, sintetizar, ...)

“En primer en la membrana tiene lugar el paso de sustancias al interior de la célula, donde cada orgánulo se encarga de una función diferente. En el núcleo se encuentra el ADN que se encarga de dirigir la síntesis de proteínas y el ribosoma que contiene el ARN que se encarga de sintetizar las proteínas”.

Su modelo, como vemos, sigue siendo el mismo, no le genera un mayor poder explicativo y muchísimo menos predictivo; es un modelo básicamente estructural, como se ha expresado, pero ese modelo se ve enriquecido con nuevos elementos, con más estructuras, con más moléculas. Si bien es cierto que incorpora errores que se interpretan como una consecuencia del modelo que ha generado, ya que le está limitando la comprensión de esta compleja entidad, Jezabel elabora un dibujo para plasmar estructura y funcionamiento de una célula (mayo, 97) que es bastante diferente de aquellos dibujos de “huevo frito” que hiciera cuando respondió, por ejemplo, el cuestionario inicial. Su diseño es libresco y es estático y simple, pero en él Jezabel identifica bastantes elementos estructurales y añade explicaciones sobre su papel o función dentro del conjunto celular, explicaciones e incluso párrafos relativamente largos que, en todo caso, dan idea de una evolución en la construcción mental de esta joven, un enriquecimiento que, si bien es claramente insuficiente en términos explicativos y predictivos, supone, al menos, un avance en su forma de procesar esta información y de intentar comprenderla.

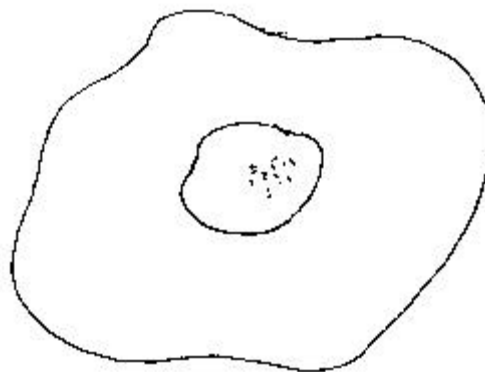


El último mapa conceptual (21-5-97) aun siguiendo la tónica de los anteriores, es algo más completo. También está sin explicar y en él llama la atención el hecho de que es éste el instrumento en el que más conceptos comportamentales ha usado Jezabel; podría admitirse, si bien con extrema prudencia, que esta alumna ha construido, al menos, algunos conceptos funcionales o, en todo caso, los ha tenido en cuenta y los ha utilizado.



El cuestionario final (29-5-97) es de una pobreza extremada y da cuenta de la limitación en el modelo que Jezabel genera. ¿Ha construido un modelo mental o simplemente usa algunas proposiciones aisladas en su mente que no interpreta a la luz de modelo mental alguno? Hasta eso es cuestionable. Su representación, por lo que se ve, no ha variado nada desde principio de curso, como parecía poder deducirse de su tercer mapa conceptual; ante la misma pregunta que en el cuestionario inicial (ya que es el mismo) para ver cómo representaría una célula y cómo la dibujaría, nos encontramos ¡exactamente con lo mismo!.

“A la célula la podríamos representar como un huevo frito, aunque me quedo corta porque aunque éste también sea una célula, no realiza tantas funciones”

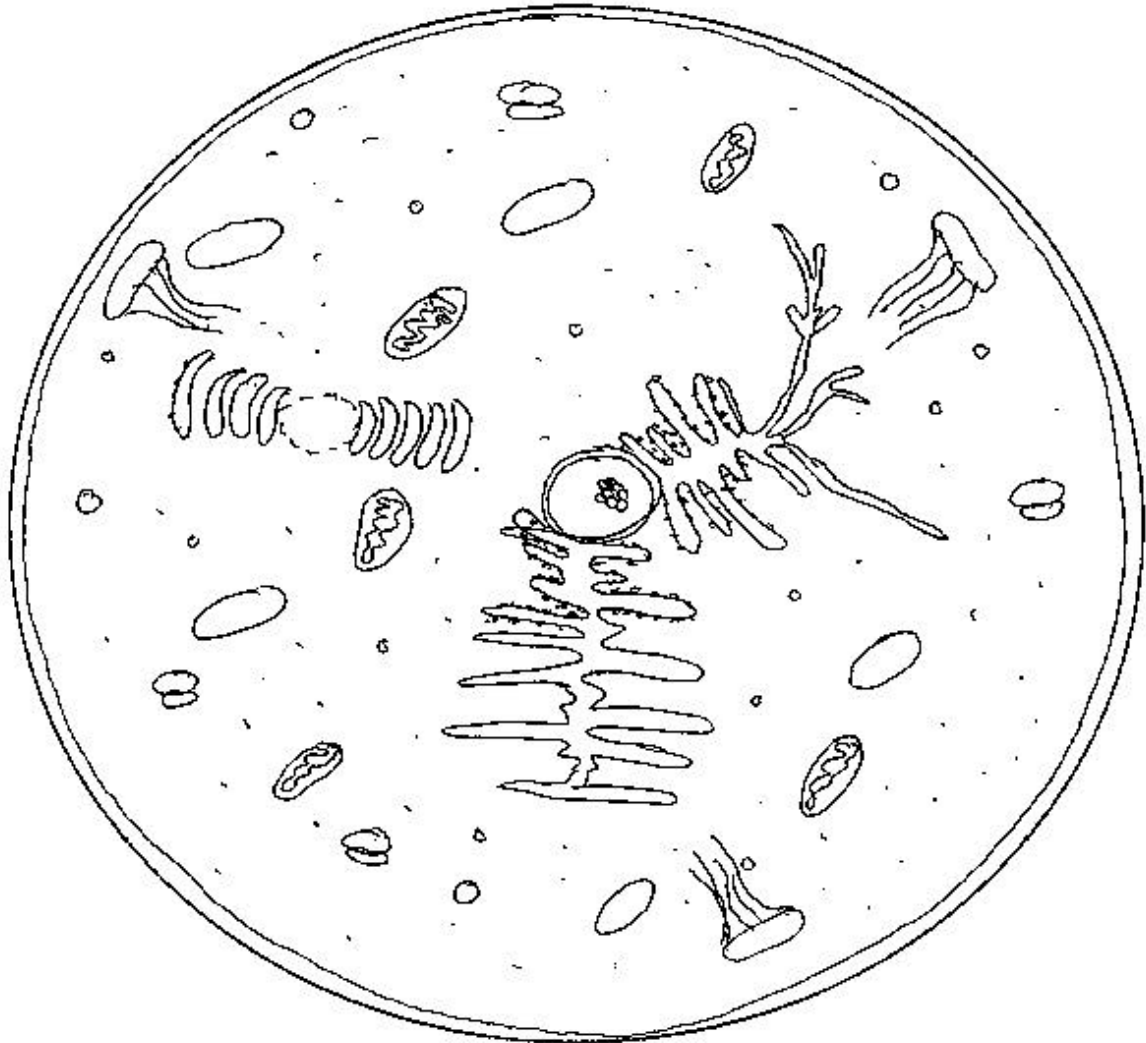


Vuelve a dejar sin respuesta la pregunta que pretende que se dibuje el funcionamiento de una célula y, también, deja en blanco el espacio destinado a explicar cómo cree que es. Sus inferencias y deducciones siguen estando ausentes también. Veamos un ejemplo:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Yo pienso que no le falta nada. En cualquier parte de nuestro organismo hay células, nuestro cuerpo está formado por ellas. Y para funcionar como células, los orgánulos que (ya los tiene) realizan todas las funciones bioquímicas”.

Su célula es una estructura que, en todo caso, ha perfilado a lo largo del curso de mejor manera sus elementos constituyentes, pero sólo una estructura que no da cuenta de por qué o de cómo es y está viva porque no se ha incorporado nada a su representación que justifique esta peculiaridad. Pero una estructura un poquito más rica que al principio, como decíamos, si observamos como dato lo que mete dentro de un círculo si éste representara una célula.



¿Aporta algo de interés su entrevista final (4-6-97)? Ante ella Jezabel debió haber generado en su mente la misma representación de célula, el mismo modelo, un modelo que sólo da cuenta de su estructura no incorporando absolutamente nada relativo a su comportamiento; no procesa información relativa al mismo, no construye conceptos que le permitan atenderlo o explicarlo, no piensa en funcionamiento celular y probablemente no lo haga porque esa nueva información que es la que dota de dinamismo a esta entidad supone una gran cantidad de indeterminaciones que su construcción mental no puede soportar. De hecho, es curiosa la evolución que siguen los conceptos funcionales que usa: ¡ninguna!. Su modelo sólo estructural no permite integrar estos conceptos y, por ello, quedan fuera de su representación. ¿Pero por qué ocurre esto en la mente de esta estudiante? Jezabel trabaja mentalmente con un modelo de célula que es sólo estructural y que es bastante estable ya que delimita un conjunto de elementos

estructurales (orgánulos y moléculas) que, incluso, se ve poco enriquecido a lo largo del curso. Pero, como vemos, los conceptos relativos a su funcionamiento y aquellos conceptos generales que posibilitan su comprensión están ausentes en sus explicaciones y deducciones o son extraordinariamente limitados. Jezabel no construye un conjunto de características y propiedades de los elementos estructurales y, lógicamente, no puede establecer relaciones o interacciones entre ellos y, por lo tanto, no puede delimitar o construir un conjunto de procesos que son los que esas interacciones y relaciones definen que, en definitiva, constituyen el funcionamiento de una célula imprimiéndola del dinamismo que la caracteriza. Su construcción mental de la célula -¿de su estructura!- no va acompañada de imágenes a juzgar por el uso que hace de las mismas. Su representación se mueve y desarrolla más en el terreno proposicional, no encontrándose indicios de que esas proposiciones se analicen y verifiquen a la luz de un modelo mental construido al efecto si consideramos la célula como ente complejo. Ella sólo verifica y ratifica lo que conoce y eso es estructura celular, lo que nos lleva a concluir que efectivamente tiene un modelo mental construido pero sólo para este aspecto, modelo mental que se ha tipificado como modelo A.

ANEXO N° 9:

BIBIANA

NOMBRE: Bibiana

CURSO: COU A

FECHA: 14-6-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, cigoto, reproducción mitosis, meiosis, materia, energía, funciones vitales, eucariota, animal, vegetal, cromosomas, ADN, ribosomas, mitocondrias, núcleo, membrana celular, citoplasma, cloroplastos, pared celular, nutrición, relación, vida, transformaciones, respiración celular, metabolismo, entropía, seres vivos, orgánulos, vacuola, proteínas, enzimas, información genética, ARN, aminoácidos, digestión, reacciones químicas, agua.	Célula, vida, metabolismo, reacciones químicas, orgánulos, núcleo, eucariota, información genética, herencia, seres vivos, membrana, medio, pared celular, vegetales, procariota, lisosoma, mitocondria, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, nucleolo, cromatina, retículo endoplasmático liso, membrana celular, cloroplasto, dictiosoma, vesículas, nutrición, reproducción, mitosis, meiosis, relación, estímulos, respuestas, hialoplasma, enzimas, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, ciclo de Krebs, glucolisis, β -oxidación, glucógenogénesis, gluconeogénesis, fermentaciones, lípidos, proteínas, glucosidación, fotosíntesis, ADN, animales, vacuola, poros nucleares, membrana nuclear, peroxisoma, ATP, anabolismo, ácidos nucleicos, ARN, transcripción, traducción, glúcidos, energía, ácidos grasos, síntesis de proteínas, código genético.	Funciones vitales, células, metabolismo, orgánulos, ser vivo, nutrición, relación, reproducción, reacciones químicas, energía, ATP, transformaciones, anabolismo, catabolismo, estímulo, respuesta, ADN, ácidos nucleicos, genes, principios inmediatos, transporte, nucleótidos, núcleo, nucleolo, membrana nuclear, retículo endoplasmático, mitocondria, hialoplasma, cromatina, interfase, eucariotas.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal (Ej: preg. 4)	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Organización autónoma (Ej: preg. 3C y 6 -integra contenidos de distintos temas)	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (1º y 3º) no uso (2º)	Uso (1º y 3º) no uso (2º- sustituye por una larga explicación)	<ul style="list-style-type: none"> Glúcido: exágono. Proteína: grupo amino. Lípido: persona gorda. Ácido nucleico: cadenas de nucleótidos. Energía: fuego. Entropía: habitación desordenada. Célula: huevo frito. Catabolismo: un martillo rompiendo moléculas. Meiosis: división de células. Reproducción: división de células. Anabolismo: moléculas que se construyen, que se unen. Ser vivo: persona, animal. Nutrición: digestión (imagen de un vídeo del año pasado). Relación: nosotras.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas (Ej: preg. 4)	Elaboradas	Elaboradas (Ej: interfase)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> Célula: como un huevo frito. Extrabiol./repetición de clase. Para funcionamiento: como un supermercado. Extrabiol./repetición de clase (se discutió en una puesta en común). 	No se detectan	(Las relacionadas en imágenes) <ul style="list-style-type: none"> célula: huevo frito.

- Pág. 5 A: "haciendo la célula mil veces".

NOMBRE: Bibiana

CURSO: COU A

FECHA: 14-6-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, núcleo, citoplasma, membrana citoplasmática, pared celular, función relación, función relación, función nutrición, membrana nuclear, hialoplasma o citosol, metabolismo, catabolismo, anabolismo, glucolisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, fotosíntesis, glucógeno, gluconeogénesis, vegetales, animales, amilogénesis, orgánulos celulares, mitocondria, lisosoma, aparato de Golgi, cloroplasto, tilacoides, retículo endoplasmático, vacuola, ribosoma, membrana mitocondrial, matriz mitocondrial.	Glucolisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, descarboxilación, desaminación, transaminación, β -oxidación, catabolismo, glucogénesis, glucógeno, gluconeogénesis, fotosíntesis, lipogénesis, proteogénesis, transcripción, traducción, ARN mensajero, ARN mensajero, proteínas, anabolismo, metabolismo, célula, membrana mitocondrial externa, membrana mitocondrial interna, matriz mitocondrial, mitocondria, lisosoma, vacuola, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, liso, rugoso, ribosomas, cloroplastos, hialoplasma, orgánulos, membrana celular, núcleo, citoplasma, vegetales.	Célula, genética, fisiología, vital, morfológica, nutrición, relación, reproducción, membrana plasmática, hialoplasma, núcleo, mitocondria, cloroplasto, vegetales, lisosoma, digestión, vacuola, retículo endoplasmático, liso, rugoso, aparato de Golgi, peroxisomas, centrosoma, animales, ribosomas, fotosíntesis, glucógeno, gluconeogénesis, ácidos grasos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, glucosidación de proteínas, anabolismo, ser vivo, metabolismo, ATP, energía, enzimas, catabolismo, glucógeno, glucolisis, ciclo de Krebs, β -oxidación.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: repetición y conceptos discutibles)	Arbitraria (se pidieron 15 conceptos)	Arbitraria (adjetivos y poca selección)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro (Ej: citología y metabolismo)	De libro	De libro (definición, funciones, citología, metabolismo)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	Uso (Ej: 5 nexos: "tiene lugar en" -puede referirse a ubicación a través de una imagen) [¡ojo! (8-8-98) ahora estoy dudando si eso no es más que repetición mecánica] 20-8-98: ¡ojo! no necesariamente. Es "no uso".	Uso (8 nexos: "tiene lugar en" -¡puede ser!) 20-8-98: ¡ojo! no necesariamente. Es "no uso".	Uso (Ej: 8 nexos: "tiene lugar en") 20-8-98: ¡ojo! no necesariamente. Es "no uso".
	Explicación larga pero sólo frases sueltas sin hilo conductor.	No explica	Explicación corta pero de frases sueltas.

NOMBRE: Bibiana

CURSO: COU A

FECHA: 14/15-6-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Digestión, célula, membrana celular, proteínas, lípidos, vacuola, lisosoma, enzimas, energía reacciones, mitocondria, catabolismo, respiración celular, ATP, ciclo de Krebs, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, síntesis proteica, retículo endoplasmático liso, núcleo, ADN, información, orgánulos, información genética.	Células, energía, enzimas, reacciones químicas, seres vivos, transporte, agua, sales minerales, vida, medio, plasmólisis, turgencia, biomoléculas, principios inmediatos, permeabilidad, contractibilidad, información genética, aminoácidos, monosacáridos, lípidos, glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos, ósmosis, ácidos grasos, materia.	Glúcidos, reacciones bioquímicas, célula, anabolismo, catabolismo, moléculas, energía, ATP, principios inmediatos, lípidos, ácidos nucleicos, proteínas, tilacoides, cloroplastos, membrana, fotosíntesis, fermentaciones, medios, anaerobios, vegetales, respiración, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, seres vivos, hialoplasma, citosol, animales, funciones vitales, enzimas, monosacárido, transformación, gluconeogénesis, organismo.	Retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondria, nutrición, reproducción, relación, célula, metabolismo, reacciones, materia, energía, animal, membrana, citoplasma, núcleo, orgánulos, cloroplastos, pared celular, vegetal, centrosoma, eucariota, procariotas, membrana nuclear, ADN, ser vivo, lípidos, matriz mitocondrial, β -oxidación, citosol, hialoplasma, moléculas, dictiosomas, secreción, lisosomas, proteínas, transporte, glucosidación, enzimas, glúcidos, permeabilidad, ATP, crestas mitocondriales, exocitosis, funciones vitales, ácidos grasos, agua, vesículas, aparato de Golgi, autoensamblaje, autosellado, fluidez, impermeabilidad, organismo.	Membranas celulares, proteínas, microtúbulos, microfilamentos, cilios, flagelos, centriolos, ADN, transporte, lípidos, enzimas, célula, energía, anticuerpos, organismos, antígenos, respuesta inmune, coenzimas, aminoácidos, moléculas, catálisis, metabolismo, catabolismo, anabolismo, transcripción, ARN mensajero, núcleo, genes, eucariotas, citoplasma, traducción, ribosomas, nucleótidos, anticodon, codon, ARN transferente, inmunidad, animales, inhibidores, seres vivos, agua, reacciones químicas, ATP, transformación, linfocitos, inmunidad humoral, inmunidad celular, retículo endoplasmático.	Información genética, ADN, cromosomas, mutaciones, euploidía, genes, aneuploidía, sobrecruzamiento, reproducción sexual, gametos, células, haploides, meiosis, animales, reproducción asexual, mitosis, diploide, energía, entropía, ácido nucleico, nucleótidos, ARN, núcleo, interfase, ARN mensajero, proteínas, duplicación, cromátidas, membrana nuclear, cromatina, nucleoplasma, nucleolo, glúcidos, lípidos, huso mitótico, huso acromático, centrómero, profase, metafase, anafase, telofase, citocinesis, síntesis proteica, transcripción, ribosomas, genotipos, delección, inversión, duplicación, translocación, diploteno, reproducción, sexo, vegetales, agua, sales minerales, retículo endoplasmático, código genético, vida.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas, ej: mitocondria)	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 9)	Coherente y con aplicación (hay hilo conductor pero mecánico)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica (¡he dudado!)	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: enzimas -final)	Organización autónoma (Ej: preg. 3)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (pero pobre del dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Bibiana

CURSO: COU A

FECHA: 15-6-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> no hace el 2º dibujo. <p>Eucariota, animal, célula, núcleo, cromosomas, ADN, ribosomas, mitocondrias, citoplasma, membrana celular, vegetal, cloroplastos, pared celular, vacuola.</p>	<ul style="list-style-type: none"> no hace el 2º dibujo -funcionamiento- y lo escribe con texto largo. <p>Aparato de Golgi, dictiosoma, vesículas secretoras, cloroplastos, vegetales, pared celular, membrana celular, retículo endoplasmático liso, cromatina, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondria, lisosoma, animales, matriz mitocondrial, membrana mitocondrial interna, membrana mitocondrial externa, peroxisoma, mambrana nuclear, ADN, poros nucleares.</p>	<p>Lisosoma, peroxisomas, hialoplasma, nucleoplasma, poros, pared celular, cromatina, vacuola, aparato de Golgi, cloroplasto, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, retículo endoplasmático liso, nucleolo, membrana mitocondrial interna, matriz mitocondrial, membrana plasmática.</p> <p>¡¡OJO! Hago de nuevo el dibujo con fecha: 8-8-98 porque ¡NO LO HICE BIEN!.</p> <p>Membrana plasmática, lípidos, proteínas, moléculas, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, β-oxidación, membrana mitocondrial interna, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, nucleolo, ARN nuclear, ADN, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, síntesis proteica, retículo endoplasmático liso, cloroplasto, fotosíntesis, vegetales, aparato de Golgi, dictiosomas, glucosidación, glúcidos, pared celular, cromatina, información genética, vacuola, células, animales, poros, nucleoplasma, nucleótidos, sales minerales, agua, hialoplasma, glucólisis, fermentaciones, glucógenogénesis, gluconeogénesis, peroxisomas, lisosoma, digestión, enzimas, ATP, energía, anabolismo, traducción, transcripción, núcleo, citoesqueleto.</p>
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (y como mucho)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación (escribe un párrafo en el primer dibujo)	Identificación y funciones con uso de palabras y frases (párrafos; dos procesos: secreción y síntesis proteica señalados con flechas) (incorpora mucha información sobre estructura y procesos con párrafos y es muy coherente)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Bibiana

CURSO: COU A

FECHA: 14-6-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, cigoto, reproducción mitosis, meiosis, materia, energía, funciones vitales, eucariota, animal, vegetal, cromosomas, ADN, ribosomas, mitocondrias, núcleo, membrana celular, citoplasma, cloroplastos, pared celular, nutrición, relación, vida, transformaciones, respiración celular, metabolismo, entropía, seres vivos, orgánulos, vacuola, proteínas, enzimas, información genética, ARN, aminoácidos, digestión, reacciones químicas, agua.
Origen de la vida 18/11/96	Células, energía, enzimas, reacciones químicas, seres vivos, transporte, agua, sales minerales, vida, medio, plasmólisis, turgencia, biomoléculas, principios inmediatos, permeabilidad, contractibilidad, información genética, aminoácidos, nucleótidos, monosacáridos, lípidos, glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos, ósmosis, ácidos grasos, materia.
ex. GLUC. 9/12/96	Glúcidos, reacciones bioquímicas, célula, anabolismo, catabolismo, moléculas, energía, ATP, principios inmediatos, lípidos, ácidos nucleicos, proteínas., tilacoides, cloroplastos, membrana, fotosíntesis, fermentaciones, medios, anaerobios, vegetales, respiración, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, seres vivos, hialoplasma, citosol, animales, funciones vitales, enzimas., monosacárido, transformación, gluconeogénesis, organismo.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, núcleo, citoplasma, membrana citoplasmática, pared celular, función relación, función relación, función nutrición, membrana nuclear, hialoplasma o citosol, metabolismo, catabolismo, anabolismo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, fotosíntesis, glucógenogénesis, gluconeogénesis, vegetales, animales, amillogénesis, vegetales, orgánulos celulares, mitocondria, lisosoma, aparato de Golgi, cloroplasto, tilacoides, retículo endoplasmático, vacuola, ribosoma, membrana mitocondrial, matriz mitocondrial.
ex. LÍP. 26/2/97	Retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondria, nutrición, reproducción, relación, célula, metabolismo, reacciones, materia, energía, animal, membrana, citoplasma, núcleo, orgánulos, cloroplastos, pared celular, vegetal, centrosoma, eucariota, procariotas, membrana nuclear, ADN, ser vivo, lípidos, matriz mitocondrial, β -oxidación, citosol, hialoplasma, moléculas, dictiosomas, secreción, lisosomas, proteínas, transporte, glucosidación, enzimas, glúcidos, permeabilidad, ATP, crestas mitocondriales, exocitosis, funciones vitales, ácidos grasos, agua, vesículas, aparato de Golgi, autoensamblaje, autosellado, fluidez, impermeabilidad, organismo.
ex. PROT. 14/3/97	Membranas celulares, proteínas, microtúbulos, microfilamentos, cilios, flagelos, centriolos, ADN, transporte, lípidos, enzimas, célula, energía, anticuerpos, organismos, antígenos, respuesta inmune, coenzimas, aminoácidos, moléculas, catálisis, metabolismo, catabolismo, anabolismo, transcripción, ARN mensajero, núcleo, genes, eucariotas, citoplasma, traducción, ribosomas, nucleótidos, anticodon, codon, ARN transferente, inmunidad, animales, inhibidores, seres vivos, agua, reacciones químicas, ATP, transformación, linfocitos, inmunidad humoral, inmunidad celular, retículo endoplasmático.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, descarboxilación, desaminación, transaminación, β -oxidación, catabolismo, glucogénesis, glucógenogénesis, fotosíntesis, lipogénesis, proteogénesis, transcripción, traducción, ARN mensajero, ARN mensajero, proteínas, anabolismo, metabolismo, célula, membrana mitocondrial externa, membrana mitocondrial interna, matriz mitocondrial, mitocondria, lisosoma, vacuola, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, liso, rugoso, ribosomas, cloroplastos, hialoplasma, orgánulos, membrana celular, núcleo, citoplasma, vegetales.
ex. AN. 12/5/97	Información genética, ADN, cromosomas, mutaciones, euploidía, aneuploidía, genes, sobrecruzamiento, reproducción sexual, gametos, células, haploides, meiosis, animales, reproducción asexual, mitosis, diploide, energía, entropía, ácido nucleico, nucleótidos, ARN, núcleo, interfase, ARN mensajero, proteínas, duplicación, cromátidas, membrana nuclear, cromatina, nucleoplasma, nucleolo, glúcidos, lípidos, huso mitótico, huso acromático, centrómero, profase, metafase, anafase, telofase, citocinesis, síntesis proteica, transcripción, ribosomas, genotipos, delección, inversión, duplicación, translocación, diploteno, reproducción, sexo, vegetales, agua, sales minerales, retículo endoplasmático, código genético, vida.
Símil de la fábrica 13/5/97	Digestión, célula, membrana celular, proteínas, lípidos, vacuola, lisosoma, enzimas, energía reacciones, mitocondria, catabolismo, respiración celular, ATP, ciclo de Krebs, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, síntesis proteica, retículo endoplasmático liso, núcleo, ADN, información, orgánulos, información genética.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Membrana plasmática, lípidos, proteínas, moléculas, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, β -oxidación, membrana mitocondrial interna, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, nucleolo, ARN nuclear, ADN, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, síntesis proteica, retículo endoplasmático liso, cloroplasto, fotosíntesis, vegetales, aparato de Golgi, dictiosomas, glucosidación, glúcidos, pared celular, cromatina, información genética, vacuola, células, animales, poros, nucleoplasma, nucleótidos, sales minerales, agua, hialoplasma, glucólisis, fermentaciones, glucógenogénesis, gluconeogénesis, peroxisomas, lisosoma, digestión, enzimas, ATP, energía, anabolismo, traducción, transcripción, núcleo, citoesqueleto.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, genética, fisiología, vital, morfológica, nutrición, relación, reproducción, membrana plasmática, hialoplasma, núcleo, mitocondria, cloroplasto, vegetales, lisosoma, digestión, vacuola, retículo endoplasmático, liso, rugoso, aparato de Golgi, peroxisomas, centrosoma, animales, ribosomas, fotosíntesis, glucógenogénesis, gluconeogénesis, ácidos grasos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, glucosidación de proteínas, anabolismo, ser vivo, metabolismo, ATP, energía, enzimas, catabolismo, glucógenolisis, glucólisis, ciclo de Krebs, β -oxidación.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, vida, metabolismo, reacciones químicas, orgánulos, núcleo, eucariota, información genética, herencia, seres vivos, membrana, medio, pared celular, vegetales, procariota, lisosoma, mitocondria, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, nucleolo, cromatina, retículo endoplasmático liso, membrana celular, cloroplasto, dictiosoma, vesículas, nutrición, reproducción, mitosis, meiosis, relación, estímulos, respuestas, hialoplasma, enzimas, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, ciclo de Krebs, glucólisis, β -oxidación, glucógenogénesis, gluconeogénesis, fermentaciones, lípidos, proteínas, glucosidación, fotosíntesis, ADN, animales, vacuola, poros nucleares, membrana nuclear, peroxisoma, ATP, anabolismo, ácidos nucleicos, ARN, transcripción, traducción, glúcidos, energía, ácidos grasos, síntesis de proteínas, código genético.
Entrevista. 4/6/97	Funciones vitales, células, metabolismo, orgánulos, ser vivo, nutrición, relación, reproducción, reacciones químicas, energía, ATP, transformaciones, anabolismo, catabolismo, estímulo, respuesta, ADN, ácidos nucleicos., genes, principios inmediatos, transporte, nucleótidos, núcleo, nucleolo, membrana nuclear, retículo endoplasmático, mitocondria, hialoplasma, cromatina, interfase, eucariotas.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMS. ESTRUC: Orgánulos	Cromosomas , ribosomas, mitocondria, núcleo, membrana celular, citoplasma, pared celular, orgánulos, vacuola.	-	Tilacoides, cloroplastos, membrana, hialoplasma, citosol.	Núcleo, citoplasma, membrana plasmática, pared celular, membrana nuclear, hialoplasma, citosol, orgánulos, mitocondria, lisosoma, aparato de Golgi, cloroplasto, tilacoides, retículo endoplasmático, vacuola, ribosoma, membrana mitocondrial, matriz mitocondrial.	Retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondria, membrana, citoplasma, núcleo, orgánulos, cloroplastos, pared celular, centrosoma, membrana nuclear, matriz mitocondrial, citosol, hialoplasma, dictiosomas, lisosomas, crestas mitocondriales, aparato de Golgi, vesículas.	Membranas celulares, microtúbulos, microfilamentos, cilios, flagelos, centriolos, citoplasma, ribosomas, retículo endoplasmático.	Membrana mitocondrial externa, membrana mitocondrial interna, matriz mitocondrial, mitocondria, lisosoma, vacuola, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosomas, cloroplastos, hialoplasma, orgánulos, membrana celular, núcleo, citoplasma.	Cromosomas , núcleo, membrana nuclear, nucleoplasma, nucleolo, huso mitótico, huso acromático, centrómero, ribosomas, retículo endoplasmático.	Membrana celular, vacuola, lisosoma, mitocondria, retículo endoplasmático rugoso, lisosoma, núcleo, orgánulos.	Membrana plasmática, matriz mitocondrial, membrana mitocondrial interna, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, retículo endoplasmático liso, aparato de Golgi, dictiosomas, pared celular, vacuola, poros, hialoplasma, peroxisomas, lisosoma, núcleo, citoesqueleto	Membrana plasmática, núcleo, pared celular, lisosoma, mitocondria, cloroplasto, lisosoma, vacuola, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, dictiosomas, pared celular, vacuola, poros, hialoplasma, peroxisomas, lisosoma, núcleo, citoesqueleto	Orgánulos, núcleo, membrana, pared celular, lisosoma, mitocondria, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, nucleolo, retículo endoplasmático liso, membrana celular, cloroplasto, dictiosoma, vesículas, hialoplasma, vacuola, poros nucleares, membrana nuclear, peroxisoma.	Orgánulos, núcleo, nucleolo, membrana nuclear, retículo endoplasmático, mitocondria, hialoplasma.	AG5,ctrl1,centrómero1,cenrosoma1,cilio1,ctq1,ctpl5,ctsl3,clpt6,crmit1,crma2,dictiosoma3,fgl1,hpl8,huoacr1,husomit1,liss7,matrizmit4,mmbr12,mmbrce14,mmbrmit3,mmbrmitint1,mmbrmitext2,mmbrnucl5,mmbrplasm3,mmbrscls1,microfilamento1,mictotúb1,mitc9,núclo10,nucleo4,nucleoplasma2,org7,paredcel5,peroxisoma3,poro2,porosnucl1,RE10,REL3,REr4,rib10tilacoides2,vesc2.
Moléculas	ADN, proteínas, enzimas, ARN, aminoácidos, agua.	Enzimas, agua, sales minerales, biomoléculas, principios inmediatos, aminoácidos, nucleótidos, monosacáridos, lípidos, glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos, ácidos grasos.	Glúcidos, moléculas, ATP, principios inmediatos, lípidos, ácidos nucleicos, monosacáridos, lípidos, proteínas, enzimas, monosacárido.	-	ADN, lípidos, moléculas, proteínas, enzimas, glúcidos, ATP, ácidos grasos, agua.	Proteínas, ADN, lípidos, enzimas, coenzimas, aminoácidos, moléculas, ARN mensajero, genes, nucleótidos, anticodon, codon, ARN transferente, inhibidores, agua, ATP.	ARN mensajero, proteínas.	ADN, genes, ácido nucleico, nucleótidos, ARN, ARN mensajero, proteínas, cromátidas, cromatina, glúcidos, lípidos, agua, sales minerales.	Proteínas, lípidos, enzimas, ATP, ADN.	Lípidos, proteínas, moléculas, ARN nuclear, ADN, glúcidos, cromatina, nucleótidos, sales minerales, agua, enzimas, ATP.	Ácidos grasos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP, enzimas.	Cromatina, enzimas, lípidos, proteínas, ADN, ATP, ácidos nucleicos, ARN, glúcidos, ácidos grasos.	ATP, ADN, ácidos nucleicos, genes, principios inmediatos, nucleótidos, cromatina.	AN6,acgr4,ADN8,agua6,a3,ARN6,ARNm3,ARNn1,ARNt1,ATP8,biomolécula1,codon1,cenz1,cromat1,cromat4,enz9,gen3,glúc6,inhibidor1,lfp9,molécula5,monosac2,nucleótido5,PI3,pro11,sm3.
PROCESOS Mts.	Respiración celular, metabolismo,	-	Anabolismo, catabolismo, fotosíntesis,	Metabolismo, catabolismo,	Metabolismo, β-oxidación,	Catálisis, metabolismo, catabolismo,	Glucolisis, ciclo de Krebs,	Duplicación, síntesis proteica,	Digestión, catabolismo, respiración	Ciclo de Krebs, β-oxidación,	Digestión, fotosíntesis, glucógeno	Metabolismo, cadena respiratoria,	Metabolismo, anabolismo, catabolismo.	Anb8,anaerb1,autógl1,áox5,cadresp5

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
	digestión.		fermentaciones, anaerobios, respiración, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, gluconeogénesis.	anabolismo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, fotosíntesis, glucógeno, neoglucogénesis, almidogénesis.	secreción, glucosidación.	anabolismo, transcripción, traducción.	cadena respiratoria, descarboxilación, desaminación, transaminación, β-oxidación, catabolismo, glucogénesis, glucógeno, fotosíntesis, lipogénesis, proteogénesis, transcripción, traducción, anabolismo, metabolismo	transcripción	celular, ciclo de Krebs, síntesis proteica.	fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, síntesis proteica, glucosidación, glucólisis, fermentaciones, glucógeno, gluconeogénesis, digestión, anabolismo, traducción, transcripción	nesis, gluconeogénesis, glucosidación, anabolismo, metabolismo, catabolismo, glucógeno, glucólisis, ciclo de Krebs, β-oxidación.	fosforilación oxidativa, ciclo de Krebs, glucólisis, β-oxidación, glucógeno, gluconeogénesis, fermentaciones, gluconeogénesis, glucosidación, fotosíntesis, anabolismo, transcripción, síntesis de proteínas, traducción.		,cat7,catalisis1,cKrebs7,desaminación1,descarboxilación1,digest4,duplicac1,fermet3,ffoxidativa3,fo55,glucogénesis2,glúcogénogénesis5,glucógenolisis1,glucólisis1,gluconeogénesis4,glucosidación4,heteró1,lipogénesis1,mtb8,resp3,respcel2,secreción1,síntesis8,sprot4,traducción4,transaminación1,transcrip5
Otros	Reproducción, mitosis, meiosis, funciones vitales, nutrición, relación.	Transporte, plasmólisis, turgencia, ósmosis.	Funciones vitales.	Relación, nutrición.	Nutrición, relación, reproducción, transporte, exocitosis, funciones vitales.	Transporte.	-	Mutaciones, euploidía, aneuploidía, sobrecruzamiento, reproducción sexual, haploides, meiosis, reproducción asexual, mitosis, diploide, profase, metafase, anafase, telofase, citocinesis, delección, duplicación, inversión, translocación, diploteno, reproducción	-	-	Nutrición, relación, reproducción	Nutrición, reproducción, mitosis, meiosis, relación, respuestas.	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, respuesta, transporte.	Anaf1,aneuploidía1,citocinesis1,delección1,diploide1,diploteno1,duplic1,euploidía1,exocit1,FV4,haploides1,inversión1,meiosis3,metaf1,mitosis3,muaciones1,nut6,ósmosis1,plasmólisis1,prof1,rel6,rep6,raex1,rsex1,resp2,sobrecruz1,telof1,translocación1,transporte4,turgencia1.

Desde un primer momento, Bibiana , parece tener una idea bastante global e integrada de lo que es una célula, si bien asignándole un funcionamiento limitado; pero es un modelo global que le permite, no sin dificultad, ir incorporando todo lo que para ella es nuevo, como son los procesos metabólicos, al mismo tiempo que amplía, también, lo que es su conjunto de elementos estructurales, más, si cabe, en términos moleculares que organulares. Pero esa incorporación de toda la ¡abundante! nueva información a su modelo ha supuesto para ella dificultades que la han llevado a intentar entender lo que es una célula, a comprenderla, haciendo uso en ocasiones de dos modelos: uno estructural y otro funcional y cada vez que ha recurrido a ese doble modelo muestra en sus producciones una elevada repetición mecánica de información que evidencia esas dificultades en la comprensión y en la interpretación de esta entidad tan compleja como es la célula. Bibiana se mueve muchísimo mejor en el terreno del discurso, ya sea hablado o escrito, y es ahí donde demuestra, o cuanto menos así lo inferimos, haber construido un modelo global de estructura y de funcionamiento en el que hace uso abierta y cómodamente de profusión de conceptos tanto estructurales como metabólicos y funcionales, haciendo gala de una aplicación consistente en la que no se detectan errores biológicos de consideración. De ello da fe el uso que hace de un lenguaje elaborado, organizando autónomamente la información y estableciendo inferencias y deducciones también elaboradas. Esto contrasta, en todo caso, con la ejecución que sigue cuando la enfrentamos a los mapas conceptuales o a la elaboración o interpretación de dibujos, instrumentos con los que parece tener más dificultades en la aplicación de un único modelo; da la impresión de que tiene problemas en la interpretación o en la aplicación y ello se interpreta como una baja "imaginabilidad", operando con imágenes muy pobres y simples, y pudiendo ser ésta la causa de sus problemas con los mapas o, sobre todo, con la realización y con la interpretación de dibujos. Veamos los datos en los que se apoya la interpretación anterior, el modelo mental que se ha construido del modelo o los modelos que Bibiana ha elaborado frente a la entidad célula a lo largo del curso.

En el cuestionario inicial (22-10-96) esta alumna muestra un grado elevado de elaboración personal en las frases que usa y en el discurso que construye con ellas que, como consecuencia, es coherente advirtiéndose en el mismo una aplicación adecuada de los conceptos específicos que selecciona; organiza de manera autónoma la información y en sus producciones en este momento da signos de operar mentalmente con una idea de célula que es global, que atiende conjuntamente y de manera integrada tanto a su estructura como a su comportamiento, usando equilibradamente conceptos característicos de ambas vertientes o aspectos. Un ejemplo de ello es lo que ofrece la respuesta que hace ante la demanda de explicar cómo cree que es el funcionamiento celular.

“Las moléculas resultantes de la digestión pasan al interior de la célula. Estas moléculas sencillas son transformadas en materia celular propia. La energía que se obtiene estas transformaciones o reacciones químicas es utilizada para realizar las funciones vitales.

En cada orgánulo (mitocondria, cloroplastos, ...) se realiza un determinado acto. Existen unas proteínas, las enzimas, que catalizan las reacciones químicas.

El ADN que se encuentra en el núcleo es el portador de la información genética, y el ARN ejecuta los órdenes del ADN, así el ARN actúa como adaptador de los aminoácidos en la cadena polipeptídica. Hay tres tipos de ARN (transferente, ribosómico y mensajero) cada uno con una función determinada.

Mediante la respiración celular (oxígeno) la célula aprob(v)echa al máximo las moléculas sencillas resultantes de la digestión y así obtiene la energía y la materia.

Los productos resultantes del metabolismo, son excretados por la célula. Estos productos son principalmente CO₂ y agua.

La célula para reproducirse, es decir, para que a partir de ella se produzcan nuevas células, tiene(n) que dividirse y por tanto darse el proceso de mitosis y meiosis”.

Operando de esta manera es capaz de establecer inferencias y deducciones elaboradas, como muestra lo siguiente:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“A la célula le hacen falta las tres funciones vitales (nutrición, relación y reproducción) para ser una célula y también debe de disminuir la entropía es decir la energía en desorden, ya que los seres vivos tienden a crear estructuras organizadas, tienden a organizarse y a crear estructuras más complejas.

Para ser físicamente una célula debe ser una unidad estructural compleja, constituida por un núcleo, una membrana celular y unos orgánulos.

Para poder funcionar como una célula, debe existir la respiración celular, el metabolismo, propios de la nutrición, debe realizar la función de relación y también de reproducción”.

Cuando se le pregunta cómo expresaría con tres frases el funcionamiento celular vemos en sus respuestas otro ejemplo de esa forma elaborada de deducir, de esa forma de inferir y de relacionar, con gran autonomía, diferentes aspectos y contenidos.

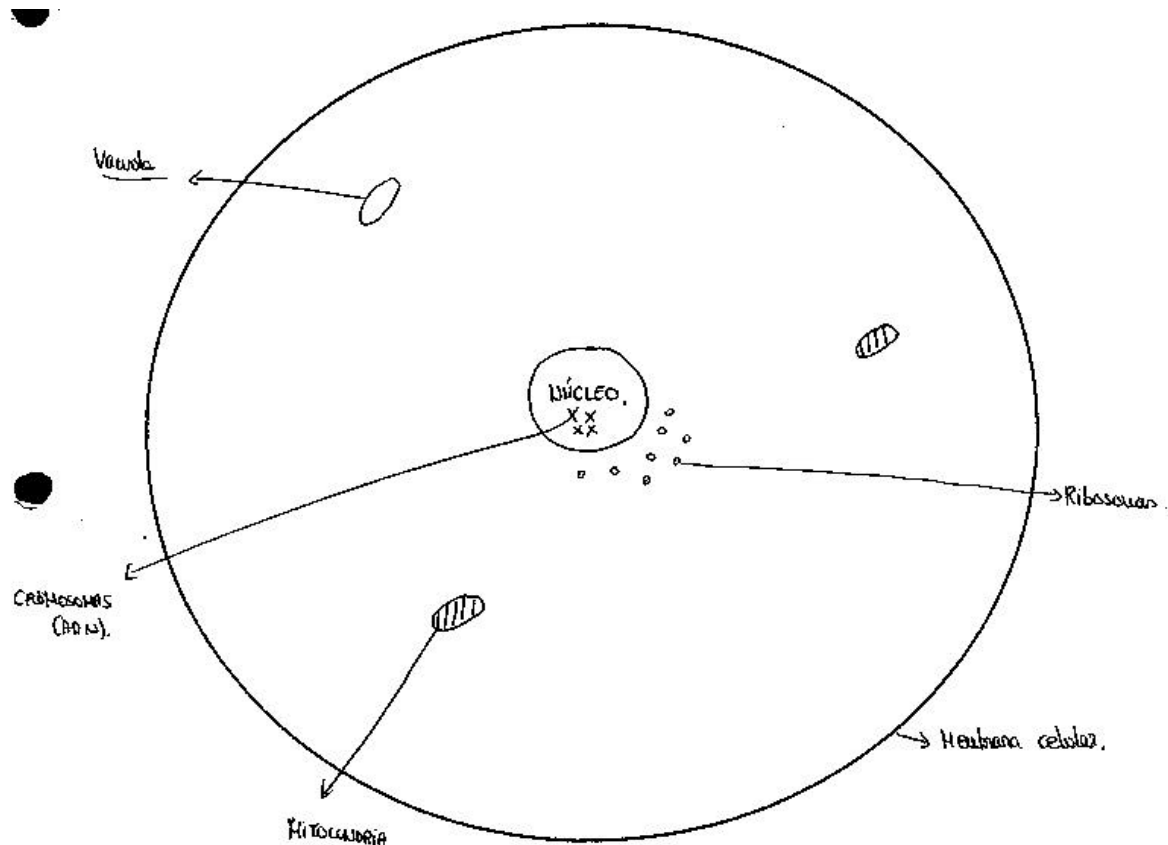
- *“La célula obtiene las moléculas resultantes de la digestión.*
- *La célula transforma estas moléculas sencillas (glucosa ...) en materia celular, y de estas transformaciones obtiene energía que le sirven para realizar las funciones vitales. Mediante la respiración celular aprob(v)echa al máximo la materia y energía de estas moléculas.*
- *La célula expulsa al exterior los productos resultantes del metabolismo, como el CO₂”.*

Pero su célula, su estructura fundamentalmente, es muy pobre si atendemos a los dibujos que produce, a los diseños que plasma; como hemos visto en los datos anteriores, Bibiana tiene una idea bastante ajustada de lo que es y representa biológicamente una célula, ha construido un modelo global de la misma, por lo que resulta difícil admitir que no tenga en mente su estructura. Es más probable, o cuanto menos así se infiere, que efectivamente tenga ese modelo mental global que, como se ha expresado, da muestras incluso de causalidad, pero que sea un modelo en el que no opera con imágenes, un modelo que no es capaz de comunicar con diseños, como muestra el hecho de que responde con una analogía extrabiológica que se discutió en clase

“La dibujaría como un supermercado”

si tuviera que dibujar cómo funciona una célula, o lo que hace ante la pregunta:

- Si lo siguiente fuera una célula ¿qué pondrías dentro?



El examen de origen de la Vida (18-11-96) mantiene la misma tónica en su forma de comunicar y de expresar su conocimiento, su construcción. Organiza autónomamente la información en un discurso articulado y coherente que da signos de frases personales; es capaz de inferir y de deducir, si bien con algunos errores y matices, pero lo hace también con fluidez y cómodamente, con autonomía. Un ejemplo de ello nos lo encontramos en lo que hace ante la siguiente pregunta:

- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.
 - ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría? ¿Tiene algún fundamento biológico?
 - ¿Qué procesos biológicos no ocurrirían si nuestro organismo no tuviera sales minerales?

“El agua de mar tiene sal, luego si lavamos la nariz con ésta las concentraciones de sal son distintas en el exterior y en el interior, por lo que las moléculas de disolvente salen de las células de nuestra nariz al exterior y entonces hay una mejoría, se produce la descongestión. Ello es debido, a que el medio externo a la nariz es hipertónico, es decir, mayor concentración de soluto que en las células de la nariz.

El fundamento biológico: Equilibrio en la permeabilidad, contractibilidad y excitabilidad de la célula.

Si nuestro organismo no tuviera sales minerales, no se podría(n) mantener constante(s) las concentraciones tónicas dentro de nuestro organismo por lo que se rompería el equilibrio en la permeabilidad, contractibilidad y excitabilidad de la célula. Por otra parte no se mantendría constante el pH, con lo cual, muchas reacciones se verían desplazadas, las enzimas precipitarían y entonces se producirían trastornos, que incluso pueden provocar la muerte ...”.

Ante lo anterior podemos deducir que opera mentalmente con un modelo global de célula frente a este ejercicio, que ha construido ese modelo integrado que le permite interpretar, deducir, inferir de la forma que ya se ha mostrado; pero hay una curiosidad en este examen si lo miramos globalmente, en su conjunto: resulta llamativo observar que no selecciona ningún concepto relativo a orgánulos ni tampoco hace uso de conceptos metabólicos; recurre, eso sí, a moléculas y a otros procesos funcionales que no son estrictamente energéticos. ¿Puede construirse un modelo de célula sin esos conceptos? A juzgar por la forma de razonar que sigue Bibiana y el uso que hace de la información la respuesta es sí ya que es capaz de pensar en célula como algo complejo que actúa de una determinada manera, que responde a relaciones causa/efecto y que le permite la comprensión y la utilización en sus explicaciones y predicciones de esa complicada entidad. ¿Pero cómo la explica explícitamente? ¿Da ello indicios de ese modelo global?

“Unidad morfológica, fisiológica, vital y genética. Morfológica porque todos los seres vivos están constituidos por células; fisiológica porque las células contienen todos los mecanismo fisicoquímicos para permanecer con vida; genética, porque todas las células derivan de otras ya existentes; vital, porque todas las células son la unidad más elemental de los seres vivos, es decir, el ser vivo más pequeño y sencillo”.

Bibiana hasta ahora ha construido un modelo mental de célula global, un intermediario complejo, -su representación-, que da cuenta de toda la complejidad que en términos reales tiene la entidad “célula”, el mundo que quiere representar. Pero observábamos en el examen anterior una cosa curiosa: no usó conceptos organulares ni metabólicos, lo que puede entenderse como consecuencia en el primero de los casos, de “su imagen” de célula, una imagen que ya vimos que era muy pobre, y en el segundo de comprensión general, una comprensión en el nivel o en el terreno de lo cotidiano, de lo más inmediato, pero no en el nivel de los procesos que suponen el procesamiento de la materia y de la energía de los que ella echa mano en la estructura viva. En el examen de Glúcidos (9-12-96) estos conceptos sí que se seleccionan, incluso con profusión en el caso del metabolismo y se manejan de manera personal articulando consistentemente el discurso que comunica, pero esa información que selecciona no es más que repetición mecánica de lo que se ha trabajado en clase o de los libros de texto; opera de este modo con una comprensión limitada que atiende por una parte a ese funcionamiento energético de la célula y por otra, aunque establezca alguna conexión, a su estructura. Parece haber construido un doble esquema en esta ocasión: uno que sigue siendo pobre en el terreno estructural y otro funcional en el que repite y repite información metabólica, una información en la que no se detectan muchos indicios de que su modelo, la construcción que ha elaborado, la dote de una buena comprensión biológica en estos aspectos y contenidos. U ejemplo lo tenemos en la pregunta:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“Porque las fermentaciones se realizan en medio anaerobios, no interviene el oxígeno en la fermentación.*

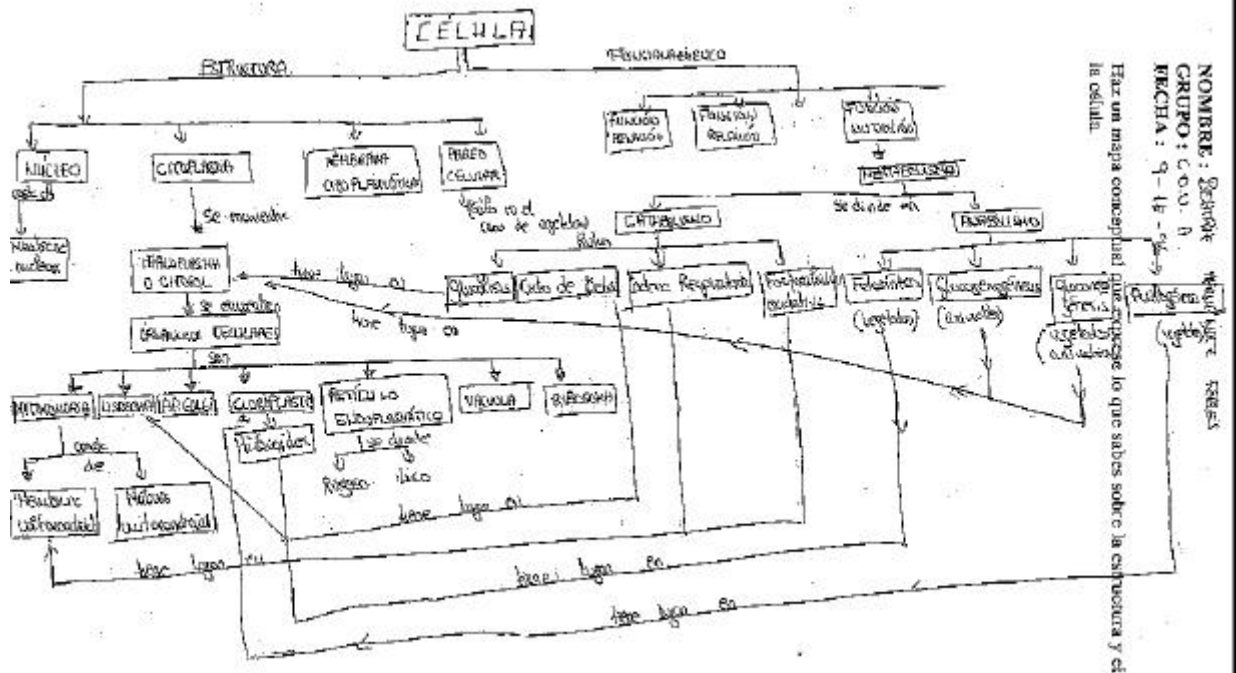
- *No, porque las células vegetales, al realizar la fotosíntesis, realizan la respiración, consumiendo menos oxígeno del que liberan, es decir, liberan más oxígeno que el que consumen, pero lo consumen.*
- *No se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo porque el catabolismo es igual en las células heterótrofas y autótrofas, ya que consiste en la destrucción de materia orgánica ya formada, con obtención de energía para la biosíntesis orgánica para realizar movimientos musculares, producción de calor, elaboración de una opinión (sistema nervioso) etc.*
- *No, porque la glucosa es el monosacárido más importante en la obtención de energía. Gracias a ella, tiene lugar la glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria ya que es a partir de ella de donde se siguen los demás procesos que constituyen la degradación total de ella. Además, los polisacáridos, formados por unión de muchos monosacáridos, son muy importantes debido a que constituyen una importante fuente de energía (glucógeno, almidón, ...) y estructural (celulosa, ...), pudiendo así mantener la estructura de los seres vivos, los cuales además pueden estar un cierto tiempo (según el tipo de ser vivo) sin tomar alimentos, ya que obtienen la energía rompiendo enlaces de polisacáridos”.*

De hecho, aunque hay cierta elaboración en sus deducciones e inferencias, el modelo que construye, al ser dual, le condiciona su forma de predecir y de interpretar como muestra lo siguiente:

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Durante la ovulación se utiliza mucha energía y se pierde por tanto mucha energía, con lo cual, se necesita nuevo repuesto de energía lo que da lugar a que la mujer tenga apetito de alimentos dulces, ya que éstos tienen una importante fuente de energía (glúcidos)”.

Obsérvese que ni siquiera responde a todo lo que se le reclama. Cuando se enfrenta a la realización del primer mapa conceptual para plasmar la estructura y el funcionamiento de una célula (9-1-97) Bibiana parece operar con el mismo modelo mental de célula que generara al hacer el examen de Glúcidos; al interpretar lo que hace, podemos deducir que vuelve a construir en este momento un modelo de célula que responde a un doble esquema, un modelo dual que o bien se centra en estructura o bien en funcionamiento y que, a lo sumo, ubica los procesos que determinan su carácter vivo en las estructuras concretas en las que ocurren. Hace una selección arbitraria de los conceptos en la medida en que, por ejemplo, repite algunos de ellos o son discutibles, conceptos que une con nexos bastante simples (“son”, “se encuentra”, “tiene lugar en”) dando lugar a proposiciones poco significativas desde el punto de vista biológico, lo que se interpreta como una muestra o indicio de que esta joven le asigna, también, poca significatividad; la jerarquización que lleva a cabo es libresca determinando dos partes (citología y metabolismo), una jerarquización que no se corresponde con la organización del contenido trabajado en el aula.



Cuando explica su mapa, Bibiana recurre a una larguísima exposición en la que se observa fundamentalmente un conjunto de frases sueltas que no tienen hilo conductor alguno. Utiliza indistintamente elementos y conceptos de ambos aspectos (estructurales y comportamentales) pero por separado, lo que se ha interpretado como modelo dual y una consecuencia del mismo es la consideración de un funcionamiento-suma de lo que hace cada uno de los orgánulos y estructuras, con escasa o nula interacción entre los mismos. Su explicación es la siguiente:

“La célula animal consta de núcleo, citoplasma y membrana nuclear. La célula vegetal presenta además pared celular, que está constituida principalmente por celulosa que es un glúcido con función estructural.

Dentro del citoplasma se encuentra el citoesqueleto cuya función es permitir el movimiento de los orgánulos celulares en el hialoplasma o citosol. Los orgánulos celulares son: -la mitocondria que consta de una membrana mitocondrial en la cual tiene lugar la cadena respiratoria y la fosforilación oxidativa. La cadena respiratoria es una ruta catabólica en la que tiene lugar el transporte de electrones. La fosforilación oxidativa es también una ruta catabólica que consiste en elaborar moléculas de ATP a partir de la energía liberada en la cadena respiratoria.

En la mitocondria también se encuentra la matriz mitocondrial en la cual tiene lugar el ciclo de Krebs, que es una ruta catabólica en la que se obtiene también moléculas de ATP.

-El lisosoma que es el orgánulo en el cual tiene lugar la digestión de la célula, es como el estómago de la célula.

-El aparato de Golgi, en el cual tiene lugar el transporte de sustancias. En él se elabora la celulosa, que constituye la pared celular de los vegetales.

-El retículo endoplasmático que se divide en Liso y Rugoso, siendo éste último el que contiene ribosomas.

-El cloroplasto, que es un orgánulo propio de los vegetales, en el cual tiene lugar la fotosíntesis y la amilogénesis. La fotosíntesis es una ruta anabólica que consiste en transformar la energía luminosa en energía química que es utilizada para elaborar compuestos orgánicos como la glucosa a partir de compuestos inorgánicos (CO₂, agua y sales minerales). La Ribulosa constituye un papel importante en la fotosíntesis. Dentro de los cloroplastos están los tilacoides, y es en las membranas de éstos donde tiene lugar la fotosíntesis ya que aquí se encuentran las enzimas necesarias. La amilogénesis es una ruta anabólica que consiste en formar nuevas moléculas de almidón que son polisacáridos de reserva energética de los vegetales. Por tanto la amilogénesis es sólo propia de los vegetales, y la amilogénesis tiene lugar en el cloroplasto.

-Las vacuolas son orgánulos que en los vegetales ocupan casi todo el volumen de la célula mientras que en los animales son más pequeñas. Tienen función de almacén de sustancias.

-Los ribosomas son orgánulos en los que tiene lugar la formación de proteínas.

En el hialoplasma también se dan otros tres procesos anabólicos la gluconeogénesis y la glucógenogénesis. La glucógenogénesis es el proceso anabólico que consiste en formar moléculas de glucógeno que es un polisacárido de reserva energética de los animales.

La gluconeogénesis consiste en la formación de glucosa a partir de ácido pirúvico que es una molécula resultante de la glucólisis. La gluconeogénesis se da tanto en animales como en vegetales.

La glucólisis es una ruta catabólica que se da en el hialoplasma y que consiste en la degradación de la molécula de glucosa en dos de ácido pirúvico. Se obtiene de este proceso ATP y otros productos”.

¿Qué ocurre cuando la enfrentamos al examen de Lípidos (26-2-97)? ¿Qué modelo de célula genera? Ante la demanda de explicarla, responde:

“Es un ser complejo que se caracteriza por llevar a cabo una serie de funciones que son: función de nutrición, reproducción y relación.

Dentro de la célula tiene lugar el metabolismo, y por tanto un conjunto de reacciones catabólicas, en las que se destruyen moléculas transformándolas en otras más pequeñas y en las que obtiene energía, y un conjunto de reacciones anabólicas de construcción de materia más compleja a partir de materia más simple.

CÉLULA ANIMAL: Ésta posee una membrana, un citoplasma y un núcleo y dentro del citoplasma hay una serie de orgánulos, pero no hay cloroplastos. Además carecen de pared celular.

CÉLULA VEGETAL: Ésta sí posee cloroplastos, pero no centrosoma. También se caracteriza por la presencia de pared celular.

Tanto la célula animal como la vegetal es eucariota, con lo cual tienen un núcleo definido con su ADN, en el interior de éste. Sin embargo, también están las células procariotas las cuales no tienen membrana nuclear, por lo cual su ADN, se halla disperso por todo el citoplasma.

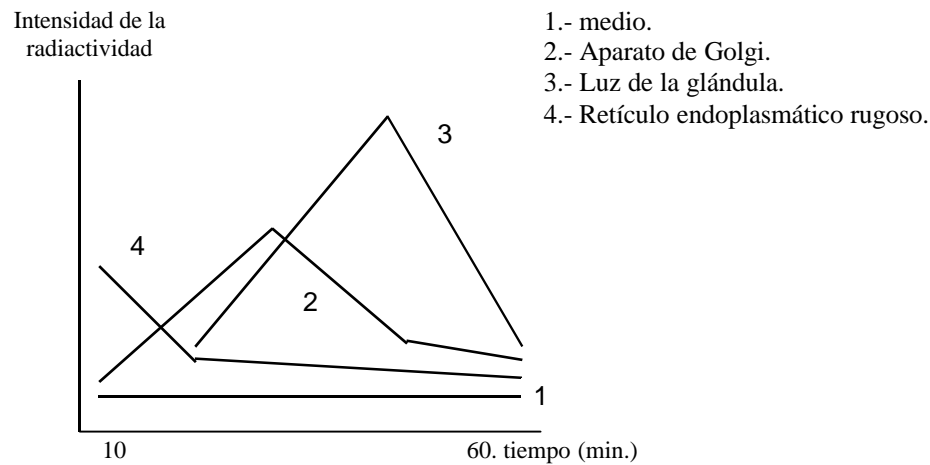
La célula es la unidad vital funcional más pequeña que forma a un ser vivo. Además una única célula puede ser un ser vivo.

Las células al agruparse forman tejidos y éstos, a su vez pueden formar órganos, que a su vez pueden formar aparatos”.

Si bien es cierto que con bastante sencillez, Bibiana en esta respuesta hace gala de que es capaz de organizar de manera autónoma la información que utiliza y lo hace con discurso fluido; en su explicación incorpora algunos elementos estructurales y comportamentales y lo hace indistintamente con comodidad, lo que se interpreta como una consecuencia del modelo global, integrado, que ha generado en su mente como intermediario entre ella misma y la realidad que pretende explicare y con la que pretende predecir. Y, de hecho, ese modelo global la dota de ese poder explicativo, haciendo uso consistentemente de abundantes conceptos tanto estructurales como funcionales y de manera equilibrada, así como de poder predictivo, lo que podemos observar en la interpretación que hace de una gráfica, interpretación que, como veremos, es un ejemplo de poder o capacidad explicativa (combinando adecuadamente procesos y estructuras) y predictiva (advirtiendo, también adecuadamente, la secuencia de los procesos celulares al observar la gráfica).

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo.

Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

“En primer lugar tiene lugar la síntesis de proteínas en los ribosomas del retículo endoplasmático rugoso. Luego las proteínas son seleccionadas [!] por una secuencia de señalización situada en el extremo amino-terminal de la cadena polipeptídica. A continuación las proteínas seleccionadas pasan a la membrana del retículo endoplasmático, y la atraviesan mediante transporte activo hasta el lumen del retículo endoplasmático. A continuación las proteínas son transportadas en vesículas formadas por gemación del retículo endoplasmático, hasta el aparato de Golgi. Aquí, las vesículas se fusionan con las cisternas de la cara formadora del aparato de Golgi. A continuación las proteínas son transportadas, o van recorriendo las cisternas del dictiosoma del aparato de Golgi, a la vez que pueden sufrir procesos de glucosidación. Finalmente, en la cara de maduración, el contenido de la secreción es liberado en la cara distal del aparato de Golgi en vesículas de secreción. Estas vesículas de secreción transportan la secreción hasta la membrana citoplasmática, donde se fusionan estas vesículas y es liberada la secreción al exterior por exocitosis”.

El examen de Proteínas (14-3-97) supone para Bibiana otra ocasión para generar un modelo sobre la célula en su mente, otra ocasión para hacer rotar el que ya tiene y enriquecerlo y eso es lo que parece ocurrir a juzgar por la incorporación y el uso que hace de los conceptos. Nuevamente hay muestras en este ejercicio de frases personales que esta alumna articula coherentemente en un discurso organizado con autonomía. Un ejemplo de lo anterior es la forma en la que explica el papel que le asigna a los enzimas en la célula.

“Si las enzimas no existieran, no podría tener lugar el metabolismo de la célula, no podría haber catabolismo es decir conjunto de reacciones químicas que dan lugar a la transformación de unas moléculas en otras más sencillas y en la que se libera energía necesaria para otros proceso(s), ni tampoco el anabolismo es decir el conjunto de reacciones que dan lugar a la formación de moléculas más complejas a partir de otras más sencillas, y en las cuales se obtiene energía.

Si no hubiera enzima(s), la energía de activación para que se formara la reacción tendría que ser muy grande, lo cual no tendría buenos resultados, porque la temperatura es excesiva.

Si las enzimas no existieran, la célula no podría funcionar”.

Ese modelo es el que le permite un razonamiento biológicamente consistente, la dota de comprensión, pudiendo generar con ello explicaciones ante preguntas típicamente procedimentales como la siguiente:

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

“El Roundup, es el inhibidor de esta enzima que participa en la producción de los aminoácidos fenilalanina y triptófano que producen las plantas, por tanto lo que va a pasarle a estas plantas es que no van a producir estos aminoácidos y por tanto no van a sintetizar las proteínas constituidas por estos aminoácidos. Estas proteínas deben ser muy importantes para estas plantas por tanto no van a funcionar bien, y pueden llegar a morir.

Por otra parte estas plantas que pueden ser alimentarias, no nos van a proporcionar los aminoácidos que para nosotros son esenciales porque no podemos sintetizarlos sino que tenemos que incorporarlos a la dieta”.

Cuando se solicita por segunda vez la elaboración de un mapa conceptual que dé cuenta de la estructura y del funcionamiento celular (1-4-97) se limita el número de conceptos a quince; Bibiana hace caso omiso de esta limitación llevando a cabo, consecuentemente, una selección arbitraria de los mismos (muy por encima del límite establecido) y no atiende, tampoco, a la explicación que se demanda del mismo. Los nexos que establece con dichos conceptos vuelven a ser muy simples y, como es lógico, dan lugar a proposiciones que resultan poco significativas. La jerarquización que desarrolla es similar a la del primer mapa, es decir, una parte estructural y otra funcional, uniéndolas, eso sí, con simple ubicación de los procesos que ha seleccionado para lo que hace uso de ocho nexos “tiene lugar en”. ¿Cómo podemos interpretar esto? ¿Qué información nos da sobre el modelo que ha generado Bibiana en este momento? Parece muy evidente al ver el mapa conceptual que ha operado con un modelo dual que atiende por una parte a estructura y por otra a funcionamiento celular y que ambos aspectos los integra e interrelaciona de manera muy pobre y tímida.

En el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) ante la pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos ?. Razona la respuesta.

resulta sorprendente la respuesta que comunica Bibiana por cuanto es una respuesta pobre y un tanto desarticulada en la que no hace referencia a la estructura y sólo recurre a parte del funcionamiento celular; con ella no tenemos indicios claros de que haya construido un modelo global de esta compleja entidad. Pero es una respuesta para la que ha recurrido “a su archivo”, a “su memoria” y ha rescatado contenidos que se han trabajado en unidades didácticas anteriores como, por ejemplo, la síntesis proteica; Bibiana ante la demanda planteada ha hecho revisión recursiva para dar cuenta de la misma, ha tenido que diferenciar progresivamente lo que sabe y reconciliar aquello que, integrando informaciones trabajadas en dos temas distintos, le permitan dar respuesta a dicha pregunta, Bibiana ha hecho rotar con la misma su modelo.

“El ADN contiene la información genética necesaria para el mantenimiento y evolución de las especies.

En el caso de algunos virus es el ARN, el que contiene esta información.

El ADN, se puede decir que es como un escrito, un código formado por las bases nitrogenadas, el código genético que contiene las instrucciones para la síntesis proteica que tiene lugar en el ADN. La molécula de ARN es el intermediario en este proceso es el molde de la síntesis proteica.

La molécula de ARN se obtiene por transcripción del ADN en el núcleo y por expresión del ARN en los ribosomas se sintetizan las proteínas”.

En este ejercicio nuevamente Bibiana elabora personalmente sus frases y hace gala de un buen discurso, un discurso coherente aplicando adecuadamente los conceptos que selecciona y organizando esa información de manera autónoma si bien hemos de admitir que lo anterior no es un buen ejemplo de ello. Esta estudiante genera en su mente para esta ocasión un modelo global, integrado, interrelacionado de célula, un modelo que es mucho más rico en cantidad de conceptos tanto estructurales (organulares y moleculares) como comportamentales (tanto metabólicos como de otra naturaleza), echando mano en sus explicaciones y predicciones indistintamente y con fluidez de ambos aspectos; veamos un dato en el que apoyar esta interpretación.

- Explica detalladamente los cambios que tienen lugar en el núcleo de las células a lo largo de su vida.

“El núcleo puede encontrarse en interfase o en división.

Núcleo en interfase.

La forma del núcleo en interfase en los vegetales es discoidal mientras que en los humanos es circular. El tamaño varía en función de la actividad de la célula. Se distinguen varias fases en el núcleo interfásico:

Periodo G₁: se caracteriza por la síntesis de ARN mensajero y proteínas.

Periodo S: En él tiene lugar la duplicación del ADN, de tal manera que cada hebra de ADN tiene otra hebra idéntica, es decir se obtienen dos cromátidas idénticas.

En este periodo continúa la síntesis de proteínas y de ARN mensajero.

Periodo G₂: Continúa la síntesis de ARN mensajero y termina la duplicación del ADN.

En el núcleo en interfase se distingue una membrana nuclear que es doble. La membrana interna presenta adosadas proteínas constituyendo la lámina nuclear a la cual se adosa la cromatina que está constituida por filamentos de ADN y que se encuentra enrollada en forma de ovillo.

También se distingue en el nucleoplasma uno o dos nucléolos.

La composición del núcleo es por tanto proteínas, ARN mensajero, nucleótidos, ya que en el núcleo es donde se sintetizan los ácidos nucleicos, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos.

Núcleo en división: mitosis:

La mitosis consiste en la división de la célula 2n en dos células también 2n idénticas a la madre. En ella se distinguen varias fases:

PROFASE: En ella se constituyen los cromosomas. La membrana nuclear se rompe y va desapareciendo, comienza a formarse el huso mitótico o huso acromático.

METAFASE: Los cromosomas se sitúan en el plano ecuatorial ya totalmente espiralizados y en forma de V con el centrómero dirigido hacia el huso acromático y los brazos hacia la periferia celular.

ANAFASE: Se escinden los centrómeros, y las cromátid(d)as de los cromosomas se separan y se dirigen hacia los polos (una cromátida de cada cromosoma hacia un polo y la otra hacia el otro). El huso acromático se acorta y se desarrollan otras fibras interzonales.

TELOFASE: Ya los cromosomas hijos se encuentran en los polos. Desaparece el huso acromático, se forman las membranas nucleares a partir de la membrana del retículo endoplasmático.

Por último tiene lugar la citocinesis en la cual la célula se divide dev(b)ido a que ésta se extrangula formándose dos células hijas diploides con idéntica información genética”.

Veamos cómo interpreta Bibiana el símil que se le presenta en dibujos de la célula (13-5-97); la solicitud que se le hace es que explique en qué medida el dibujo refleja la estructura y el funcionamiento de una célula, razonando su respuesta de la manera más explícita posible. Se observa que, efectivamente, esta joven pone mucho de su cosecha en las frases que construye en las que, en todo caso, parece intuirse un cierto grado de repetición mecánica de la información, una información que comunica con poco hilo conductor entre los distintos párrafos, con poca articulación entre ellos. Como se verá, se apoya poco en el propio dibujo observándose con ello que establece pobres deducciones e inferencias. “Su célula” es un conjunto de cosas que hacen una serie de procesos, un funcionamiento-suma característico de un modo de operar con esta entidad dual, si bien es cierto que establece algunas relaciones de continuidad temporal entre algunos de los procesos que nombra. Es cierto que lo que hace ante esta tarea muestra un cierto poder explicativo y un cierto, aunque más limitado, poder predictivo pero lo es, también, que ambos son más limitados que frente a otras demandas cognitivas en las que ha generado un modelo de célula más global, más causal. Su interpretación se muestra a continuación.

“En primer lugar las moléculas resultantes de la digestión en el aparato digestivo penetran en la célula a través de la membrana celular y para que esto sea posible existen unos canales en la membrana que están en las proteínas ya que la membrana está formada en su mayor parte por lípidos.

Las moléculas que entran a la célula pasan seguidamente a la vacuola digestiva o lisosoma donde existen enzimas hidrolasas que intervienen en la rotura de estas moléculas dando lugar a moléculas más sencillas y liberándose energía que sirve para realizar otras funciones que tienen lugar en la célula.

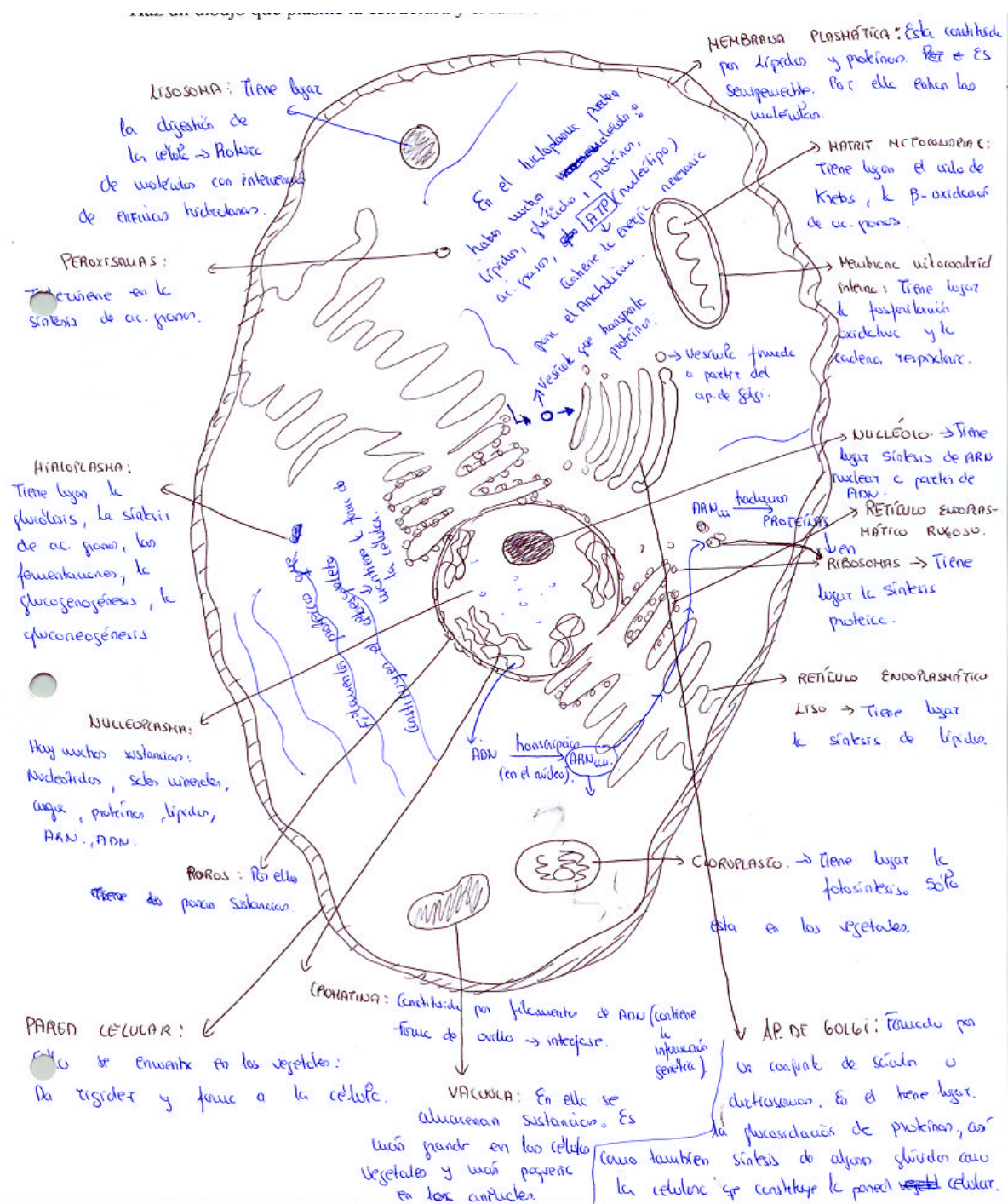
Luego en la mitocondria tienen lugar otras reacciones de catabolismo, que son la respiración celular. En la mitocondria se oxidan las moléculas y se obtiene energía que se almacena en forma de ATP. En la mitocondria tiene lugar el ciclo de Krebs y se desprende CO₂, por ello en el dibujo se representa como una refinería.

Existen otros orgánulos en los cuales se almacenan otras moléculas.

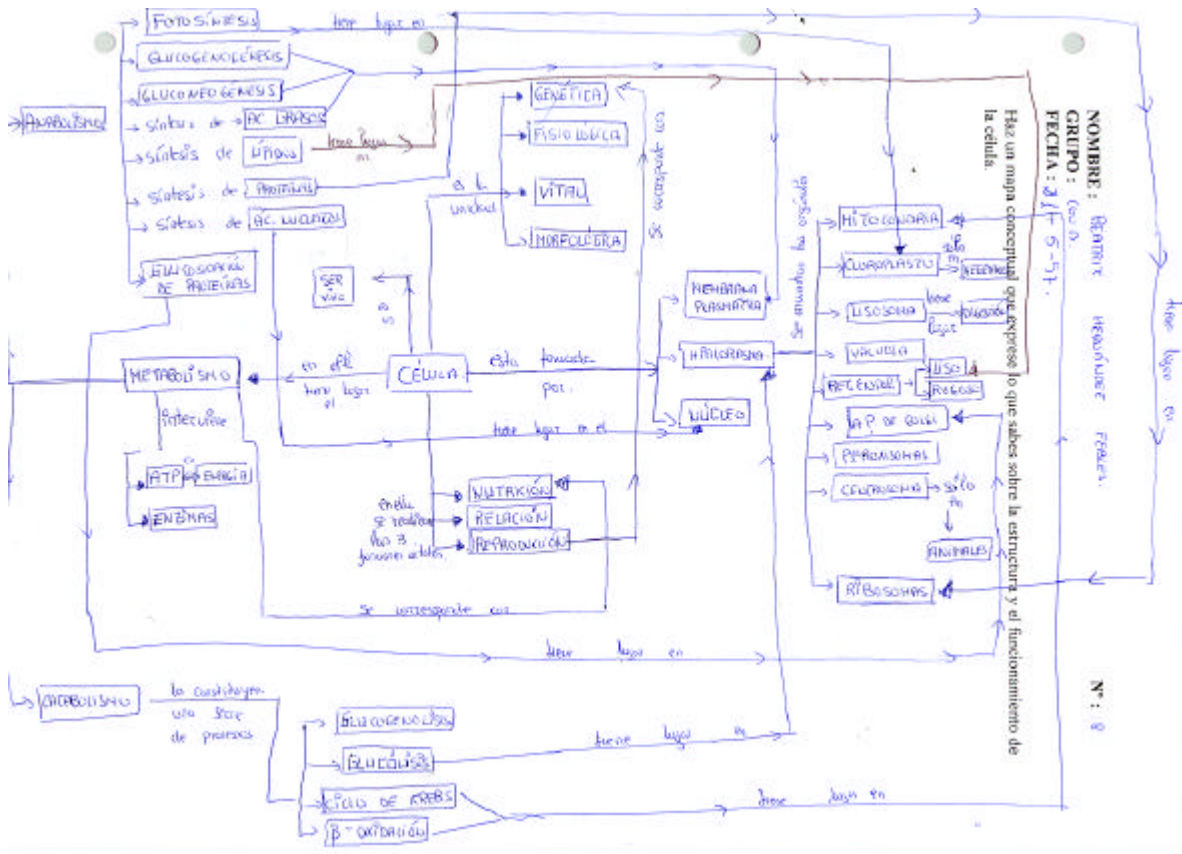
En el retículo endoplasmático se transportan otras moléculas. Existen dos tipos: El retículo endoplasmático rugoso, donde tiene lugar la síntesis de proteínas porque en él se encuentran adosados los ribosomas que es donde tiene lugar la síntesis proteica. En el retículo endoplasmático liso, tiene lugar la síntesis de lípidos.

En el núcleo, se encuentra el ADN que es la molécula que contiene la información necesaria para la síntesis de proteínas, como también la información genética hereditaria. Por ello el núcleo es como el que controla todo el funcionamiento de la célula”.

Cuando se le plantea que haga un dibujo que plasme la estructura y el funcionamiento de una célula, Bibiana realiza un diseño en el que lo más llamativo es la cantidad de frases y párrafos que introduce cuando insistentemente se aclaró que no se trataba de explicar sino de dibujar estructura y funcionamiento. Usa profusamente conceptos específicos y el diseño en sí es muy libresco, introduciendo sólo alguna interacción a través de flechas, pero destacando básicamente una idea de funcionamiento-suma de la célula que tiene en mente. En todo caso, si comparamos este dibujo con el que ya se mostró del cuestionario inicial, vemos que es un hecho que su modelo mental de la célula se ha enriquecido considerablemente, ha evolucionado cuanto menos en lo que a elementos constituyentes de entidades, de propiedades de esas entidades y de relaciones e interacciones entre las mismas se refiere. ¿Podría decirse, en cualquier caso, que está operando con un modelo global de célula cuando hace esto? Más bien parece que está recurriendo a construir un catálogo de sus estructuras constituyentes por un lado, y a relatar sus papeles biológicos, por otro, lo que justificaría nuestra deducción de un trabajo mental en este momento con un modelo dual de célula.



¿Y qué decir de su tercer mapa conceptual (21-5-97)? Nuevamente vuelve a ser arbitraria en su selección incorporando, por ejemplo, adjetivos, pero en esta ocasión utiliza relaciones o nexos más explicativos que se interpretan como una consecuencia de la construcción de un modelo mental que la dota de un mayor poder o capacidad explicativa; de este modo y precisamente por ello, elabora proposiciones que resultan ser significativas y que son señales o indicios de que para ella también tienen significado psicológico. La jerarquización sigue respondiendo a los esquemas habituales en los libros de texto, siguiendo una organización basada en los niveles de organización de la materia viva. Del mismo modo que en los mapas anteriores, usa ocho nexos “tiene lugar en” que dan idea de que genera una representación en la que localiza los procesos que caracterizan a una célula. Veamos este mapa conceptual.



El cuestionario final (29-5-97) es, como se sabe, el mismo que el inicial y ello nos da pie para establecer comparaciones. En esta ocasión Bibiana usa frases muy elaboradas y personales como muestra lo siguiente:

- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
- “La célula es una unidad vital porque es el ser vivo más pequeño.
- La célula es una unidad fisiológica porque en ella tiene lugar el metabolismo.
- La célula es una unidad genética porque en ella se encuentra la información genética hereditaria”.
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- “La célula realiza la función de nutrición ya que la célula se nutre y para ello tienen lugar una serie de reacciones metabólicas, anabólicas y catabólicas.
- La célula realiza la función de reproducción mediante mitosis y meiosis procesos en los cuales se transmite información genética.
- La célula realiza la función de relación gracias a la cual los seres vivos se relacionan. En esta función se reciben estímulos y se dan respuestas”.

Como vemos, organiza muy bien su información articulada en torno a las tres funciones vitales y eso es algo que ha quedado de manifiesto también en otras ocasiones, como se ha mostrado, pero parece evidente que en este momento la fluidez en su discurso es mucho mayor. Pero hablamos de discurso, se mueve en el terreno del discurso, se comunica básicamente con discurso y ya habíamos comentado que parece ser en este terreno en el que se encuentra cómoda porque, nuevamente, al enfrentarse a si tuviera que dibujar cómo funciona, no dibuja y lo que hace es explicar.

“En primer lugar las moléculas resultantes de la digestión entran a la célula a través de la membrana celular. Éstas, según cuál sea, pueden sufrir reacciones en el hialoplasma. También pueden ir a los lisosomas donde tiene lugar la digestión mediante enzimas hidrolasas.

Por otra parte en la mitocondria tiene lugar la cadena respiratoria, la fosforilación oxidativa y el ciclo de Krebs, partiendo del ácido pirúvico resultante de la glucólisis que tiene lugar en el hialoplasma. En la mitocondria también tiene lugar la β -oxidación de los ácidos grasos.

En el hialoplasma, a (-) parte de, la glucólisis, tiene lugar la síntesis de ácidos grasos, la glucógenogénesis, gluconeogénesis, las fermentaciones.

En el retículo endoplasmático liso se sintetizan los lípidos, mientras que en los ribosomas se sintetizan las proteínas y si los ribosomas están adheridos al retículo endoplasmático, éste es rugoso, y además las proteínas pasan al lumen del retículo endoplasmático. Por otra parte las proteínas pueden ser transportadas por vesículas al aparato de Golgi donde tiene lugar la glucosidación de proteínas, además de síntesis de otros glúcidos como la celulosa que constituye la pared celular de los vegetales. Por otra parte en los cloroplastos tiene lugar la fotosíntesis que se da sólo en vegetales, ya que los cloroplastos están sólo en los vegetales”.

Pero obsérvese qué diferencia en su respuesta; ya no es

“La dibujaría como un supermercado”

sino que ha generado un poder explicativo importante que da muestras de comprensión por su parte de esta compleja entidad, una comprensión que ha supuesto para ella la construcción de un modelo mental global, integrado, causal que es el que se lo permite, un modelo que, como queda de manifiesto, no opera con imágenes, no la dota de “imaginabilidad”. Sí que la dota de poder predictivo, como se observa en lo que hace ante la siguiente pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“A la célula le hace falta una membrana que la separe del medio externo pero que sea semipermeable para que puedan pasar sustancias a su interior y puedan salir las resultantes del metabolismo.

Le hace falta información genética y por tanto el ADN, para que pueda haber descendencia y porque además el ADN es como un código, el código genético que contiene la información para la síntesis de proteínas y otras funciones de la célula”.

respuesta la anterior que nos da pie para concluir que efectivamente ha habido una importante evolución en su representación, en su modelo a lo largo del curso. Pero quizás donde más podamos observar esa diferencia es en la forma de comunicar lo que cree que es el funcionamiento de una célula; tanto al principio de curso como en este momento admitimos, deducimos o inferimos que está operando mentalmente con un modelo único estructural/funcional, con un modelo que le permite establecer relaciones causa/efecto cuando lo hace rotar y que en ambos casos hace gala de mostrar pocas o ninguna indeterminación, pero es evidente que en este momento es muchísimo más explicativo que en aquel entonces, que la dota de una mucho mayor capacidad explicativa, como se decía, porque revisa recursivamente todo el contenido trabajado a lo largo del curso para darle respuesta a la demanda, que diferencia progresivamente seleccionando aquello que precisa para reconciliarlo integradoramente en una

explicación única, global, causal, comprensiva de esa compleja entidad que se llama “célula” y de la que ella comprende y maneja su complejidad.

“En primer lugar, las moléculas resultantes de la digestión en el aparato digestivo penetran en la célula a través de la membrana celular, membrana que está constituida por lípidos y proteínas, por lo cual es semipermeable.

Si la molécula es la glucosa ésta sufre glucólisis en el hialoplasma y se transforma en ácido pirúvico y además se obtiene ATP que puede ser utilizado para realizar anabolismo. El ácido pirúvico penetra en la mitocondria y a través del ciclo de Krebs se transforma en acetil-CoA. En el hialoplasma también puede haber glucógenogénesis, gluconeogénesis y fermentaciones.

*En la mitocondria también puede haber fosforilación oxidativa y cadena respiratoria en la membrana mitocondrial interna y ciclo de Krebs en la matriz mitocondrial. En la mitocondria también tiene lugar la **b**-oxidación de los ácidos grasos.*

En el núcleo se sintetizan los ácidos nucleicos. A partir de ADN se sintetiza ARN, y a este proceso se le denomina transcripción. Por traducción el ARN mensajero pasa a proteínas en los ribosomas. Estas proteínas pueden pasar al lumen del retículo endoplasmático a el aparato de Golgi y sufre glucosidación formándose glucoproteínas. En el aparato de Golgi también se pueden sintetizar glúcidos como la celulosa que constituye la pared vegetal de los animales.

En el retículo endoplasmático tiene lugar la síntesis de lípidos, una vez que han sido sintetizados los ácidos grasos en el hialoplasma.

En todos estos procesos de metabolismo intervienen enzimas que favorecen las reacciones, haciendo que la energía necesaria sea menor, y que se realicen las reacciones a mayor velocidad.

Si las reacciones son catabólicas como por ejemplo la glucólisis se libera ATP. Si las reacciones son anabólicas como por ejemplo la fotosíntesis (en vegetales) se necesita ATP”.

Con ese mismo modelo, de esa misma forma opera mentalmente ante la entrevista individual que se le hace (4-6-97). En un clima distendido en el que, por ejemplo, las risas por su parte son abundantes y, según confiesa, no se deben a nervios, elabora de manera fluida y natural sus respuestas aplicando coherentemente los conceptos que usa en forma de un discurso aceptable que organiza autónomamente. Genera un modelo global que le permite explicar y predecir y que le ha facilitado la comprensión de la célula y explica de manera fluida y, también, con naturalidad, deduce cayendo en la cuenta incluso de las causas y las consecuencias de lo que observa, como puede verse, por ejemplo, con la deducción del estado de interfase de la célula que se le presenta para su interpretación.

ML . ¡ah ! ¡aja ! bien. Vamos a ver, yo te voy a enseñar una imagen ... pues al azar, una imagen al azar y lo que quiero que hagas es que pienses en voz alta, que me digas todo lo que te sugiere esta imagen, todo lo que piensas sobre esa imagen.

Bibiana : pueeeess, ¡m ! creo que es el núcleo con esto sería el nucleolo, la membrana nuclear, retículo endoplasmático, ¡eeehhh ! eso puede ser una mitocondria, no sé, ¡eh !...,

...

ML : ¿y por qué afirmas esas cosas ?

Bibiana : por la forma que tienen. ...

ML : explícame.

Bibiana : bueno por la forma y la, y donde están situados.

ML : ¿y qué es lo que hace que tú identifiques esto como núcleo, esto como membrana nuclear, esto como mitocondria ? ¿por qué identificas esas cosas así ?

Bibiana : porque tengo el concepto de queee retículo endoplasmático son una serie de túbulos o en forma de saco, de sáculos, ..., que el núcleo es de una formaaaa ... re, redonda o ... ovoide también puede ser ; queee, que el núcleo está separado del, del hialo, del hialoplasma por una membrana, que dentro del núcleo hay un nucleolo que, como esto resalta aquí, pues pienso que es esto.

ML : ¡mj !

Bibiana . ¡mmm ! esto puede ser la cromatina, también porque está ... ¡eh ! aquí, junto a la membrana nuclear que esto es en el, sería en fase de, en interfase. ¡eeehhh ! ..., ...

ML : ¿y qué es lo que hará que tú puedas decir todo eso, Bibiana ?

Bibiana : lo que pues la, el, esto ¡eh ! ... ¿te refieres a eso ?

ML : no, ¿por qué tú puedes afirmar todas esas cosas ?

Bibiana : porque las he aprendido ¡jj !

ML : ¿y ahora las está recuperando para interpretar esto, las estás aplicando ?

Bibiana : ¡mj !

ML : ¿y cómo será eso ?

Bibiana : ¿cómo que cómo será ?

ML : sí, pues ¿por qué recordarás esas cosas ?, ¿por qué te las ha aprendido ?, ¿cómo ?

Bibiana : ¡jjj ! (Risas).

ML : estoy loca.

Bibiana : estudiándomelas yyy viniendo a clase y, y haciendo la célula mil veces porque la hemos hecho ya (risas).

Ante los datos que nos aportan las producciones y verbalizaciones de Bibiana y que se han mostrado a lo largo de estas páginas ¿podemos concluir lo que fue el inicio de esta interpretación? ¿Podemos inferir que su modelo mental de célula a lo largo del curso es como ese primer párrafo introductorio expresaba? A juzgar por lo expuesto, la respuesta es sí; Bibiana comenzó y terminó el año escolar con un modelo global, integrado, único, causal de la estructura y del funcionamiento celular que a lo largo del mismo pasó por un modelo dual, sobre todo cada vez que se incorpora nueva y muy abstracta información, como la referida al metabolismo o, también, cada vez que la enfrentábamos a la necesidad de imaginar, pero que, en todo caso, se vio progresivamente enriquecido en elementos (“tokens”) en su caso de los tres conjuntos (entidades, propiedades y características de esas entidades y relaciones e interacciones entre las mismas) y eso fue lo que la dotó de comprensión, de una comprensión cada vez mayor de esta cosa viva llamada “célula”, una comprensión que, observando los datos que se tienen de ella, no se apoya en imágenes, como ya se ha expresado. Se inició esta interpretación presentando el modelo mental construido como investigadores y lo que se hizo a continuación fue hacerlo rotar, ejecutarlo haciendo uso para ello de los registros, de los datos que sus producciones y verbalizaciones nos han aportado y, por lo que se ve, ese modelo mental construido sobre su modelo mental nos ha dotado de comprensión, nos ha permitido explicar y predecir cómo comprende, cómo explica y cómo predice Bibiana acerca de la célula, nos ha dejado modelizar sobre cómo piensa ella en esta entidad y, apoyándonos en ese modelo mental “del investigador” construido, podemos concluir que, efectivamente, Bibiana ha construido un modelo de célula que la presente investigación categoriza como modelo C.

ANEXO N° 10:

AMANDA

NOMBRE: Amanda

CURSO: COU A

FECHA: 20-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, principios orgánicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, orgánulos, transformaciones, reacciones, energía, procesos, respiración celular, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, núcleo, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, ser vivo, funciones vitales, nutrientes, pared celular, agua, vacuola, envoltura nuclear, metabolismo, ADN, ARN.	Célula, ser vivo, vida, orgánulos, funciones, eucariotas, animal, vegetal, reacciones metabólicas, síntesis, destrucción, energía, ATP, lisosoma, membranas, agua, sales minerales, retículo endoplasmático, membrana plasmática, ribosomas, citoplasma, aparato de Golgi, pared celular, cloroplastos, mitocondrias, vacuola, macromoléculas, catabolismo, anabolismo.	Funciones, ser vivo, célula, vida, metabolismo, catabolismo, anabolismo, reacciones químicas, organización, entropía, membrana, mitocondria, crestas mitocondriales, ciclo de Krebs, orgánulo, ácidos nucleicos, lípidos, glúcidos, proteínas, β -oxidación, agua, sales minerales, ADN.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: respuestas a imágenes)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (1º y 3º) no uso (2º)	Uso (en el 3º incluye una explicación)	<ul style="list-style-type: none"> Glúcido: bola. Proteína: bola. Lípido: rectángulo, cilindro. Ácido nucleico: cadenas. Energía: una luz medio rara. Entropía: tráfico en La Laguna. Célula: tráfico; coches entrando y saliendo. Catabolismo: salen coches pero hechos polvo. Meiosis: imagen de libro. Reproducción: los niños. Anabolismo: el tráfico en La Laguna pero los coches no salen hechos polvo sino salen ..., Ser vivo: nosotras. Nutrición: comida de casa. Relación: amistades.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres (Ej: preg 4 y, quizás, preg. 6).	Pobres	Pobres (Ej: deducción de la foto muy pobre)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> célula: esfera ("me imagino"). (¡! ¿hasta qué punto es una analogía?) (sí creo que opera con una analogía: preg. 3C y 2 coinciden en que hay algo global). Núcleo: es la "central" es decir, el principal elemento que da las órdenes para la realización de procesos y otras tareas. Extrabiol./autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> célula: esfera (¿dice lo mismo que en octubre!) 	<ul style="list-style-type: none"> célula: tráfico en La Laguna. También usa lo mismo para catabolismo y anabolismo. Extrabiol./ autónoma.

- Hay una nota de la primera lectura que hice de la entrevista: "no usa un modelo gráfico, una imagen en la que integrar los elementos que se nombran". ¡Y ahora pienso! (20-7-98): pero hace una analogía sobre célula, anabolismo y catabolismo extrabiológica autónoma [tráfico de La Laguna] que es estable para los tres conceptos - 1º se pregunta célula, después catabolismo y luego, con varios conceptos en medio, anabolismo.

NOMBRE: Amanda

CURSO: COU A

FECHA: 20-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Masa esponjosa, volumen, célula, microscópica, agua, orgánulos, animales, plantas, microorganismos, ribosomas, mitocondrias, vacuolas, membranas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, cloroplastos, etc., síntesis de proteínas, respiración celular, eucariota, procariota, reacciones químicas, animales, vegetales, bacterias, transporte de sustancias.	Procariota, eucariota, orgánulos, célula, anabolismo, catabolismo, macromoléculas, glucógeno, glucosa, ácidos grasos, proteínas, glucólisis, β -oxidación, desaminación, transaminación.	Animales, vegetales, bacterias, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, membrana, eucariota, procariota, glucólisis, ciclo de Krebs, β -oxidación, ribosomas, sangre, tejidos, órganos, catabolismo, glucógenogénesis, lisosomas, vacuolas, mitocondrias, citoplasma, célula, anabolismo, traducción, transaminación, aparato de Golgi, centriolos, ácidos nucleicos, núcleo, agua, lípidos, glucógeno, proteínas, ADN, ARN, mitosis, meiosis, hombre, principios inmediatos inorgánicos, principios inmediatos inorgánicos.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria (no refiere nada a estructuras celulares)	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples (y además incoherentes)	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Débil (en su explicación dice que no están jerarquizados)	Coherente (es radial y se delimitan las distintas subjerarquías con claridad)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	¡ojo! Masa esponjosa al explicar, insiste en masa esponjosa que posee volumen, como en las esferas de los cuestionarios inicial y final	¡ojo! Varios errores importantes, síntesis en catabolismo, por ejemplo.	<ul style="list-style-type: none"> Mantiene a lo largo de todo el curso: doble membrana en vegetales. ¡ojo! Se refiere al hombre y hay algunos nexos irrelevantes en esa parte.

NOMBRE: Amanda

CURSO: COU A

FECHA: 20-7-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, vacuola, macromoléculas, mitocondria, energía, orgánulos, reacciones, núcleo, célula, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, ADN, ARN, citoplasma, lisosomas, síntesis de proteínas.	Célula, interacción, orgánulos, vida, funciones, respiración celular, síntesis de proteínas, ser vivo, materia, reacciones químicas, energía, agua, sales minerales, plasmólisis, turgencia, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, aerobias, microtúbulos, centriolo, huso mitótico, anaerobias, membrana plasmática, vacuolas, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, flagelos, lisosomas, núcleo, membrana nuclear, retículo endoplasmático, nucleolo, cloroplastos, pared celular, actividades vitales, organismo, reproducción, biomoléculas, medio.	Granas, monosacáridos, pared celular, célula, reacciones químicas, metabolismo, catabolismo, anabolismo, energía, ATP, fermentación, respiración celular, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, animales, vegetales, fotosíntesis, principios inmediatos, heterótrofos, autótrofos, gluconeogénesis, glucógenogénesis, glúcidos, ácidos grasos, anticuerpos, matriz mitocondrial, enzima, sistema inmunológico, moléculas, aerobio, medio, orgánulos, organismo.	Membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, mitocondria, lípidos, proteínas, β -oxidación, catabolismo, célula, secreción, dictiosomas, agua, sales minerales, retículo endoplasmático liso, vesículas, enzimas, retículo endoplasmático rugoso, exocitosis, ribosomas, síntesis de proteínas, permeabilidad, transporte, energía, endocitosis, pinocitosis, fagocitosis, matriz mitocondrial, seres vivos, procariotas, eucariotas, animales, vegetales, núcleo, ATP, lisosomas, desecho, ácidos grasos, orgánulos, medio, vacuolas, glúcidos, cloroplastos, fotosíntesis, ósmosis, fluidez.	Proteína, principio inmediato, células, orgánulos, membrana plasmática, ADN, cromatina, núcleo, organismo, lípidos, aminoácidos, enzima, reacciones químicas, holoproteínas, heteroenzimas, apoenzima, cofactor, coenzima, especificidad, catálisis, energía, inmunidad, sistema inmunitario, antígenos, vacuna, linfocitos, anticuerpos, sueros, seres vivos, respuesta inmune, transaminación, ARN, información, traducción, ribosomas, citoplasma, retículo endoplasmático rugoso, ácidos grasos, respuesta humoral, respuesta celular, síntesis de proteínas, ARN mensajero, reacciones metabólicas.	Genotipos, fenotipos, gen, mutaciones, genoma, cromosomas, reproducción, gametos, ADN, sexo, enzima, nucleótidos, RNA, herencia, síntesis de proteínas, núcleo, mitosis, células, profase, envoltura nuclear, nucleolo, huso mitótico, metafase, cromátidas, microtúbulos, centrómero, cinetócoros, anafase, telofase, citocinesis, citoplasma, animales, ácidos nucleicos, nucleósidos, ATP, grasas, código, moléculas, proteínas, información genética.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica (Ej: célula -el final)	Repetición mecánica (Ej. Ciclo de krebs) (errores entre fotosíntesis y respiración)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg. 2 y 4)	Organización autónoma (Ej: preg. 4)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso (no hace referencias al dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres (Ej: preg. 5)	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Amanda

CURSO: COU A

FECHA: 20-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Núcleo, central, ordenes, orgánulos, mitocondrias, ribosomas, vacuola, aparato de Golgi, envoltura celular, vegetales, pared celular, animales	Célula, animal, vegetal, lisosoma, sustancias, ATP, retículo endoplasmático, membrana plasmática, vacuola, mitocondria, ribosomas, citoplasma, cloroplastos, pared celular, aparato de Golgi.	Ribosoma, vacuola, reacciones, lisosoma, membrana plasmática, mitocondria, ARN, ADN, núcleo, aparato de Golgi, retículo endoplasmático.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal (en el 1º y en el 3º: comparación de célula animal y vegetal, y en el 2º refleja la digestión con flechas)	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación	Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y flechas.
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos (el 2º es algo dinámico)	Simple-estático

NOMBRE: Amanda

CURSO: COU A

FECHA: 20-7-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Célula, principios orgánicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, orgánulos, transformaciones, reacciones, energía, procesos, respiración celular, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, núcleo, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, ser vivo, funciones vitales, nutrientes, pared celular, agua, vacuola, envoltura nuclear, metabolismo, ADN, ARN, anabolismo, catabolismo.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, interacción, orgánulos, vida, funciones, respiración celular, síntesis de proteínas, ser vivo, materia, reacciones químicas, energía, agua, sales minerales, plasmólisis, turgencia, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, aerobias, microtúbulos, centriolo, huso mitótico, anaerobias, membrana plasmática, vacuolas, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, flagelos, lisosomas, núcleo, membrana nuclear, retículo endoplasmático, nucleolo, cloroplastos, pared celular, actividades vitales, organismo, reproducción, biomoléculas, medio.
ex. GLUC. 9/12/96	Granas, monosacáridos, pared celular, célula, reacciones químicas, metabolismo, catabolismo, anabolismo, energía, ATP, fermentación, respiración celular, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, animales, vegetales, fotosíntesis, principios inmediatos, heterótrofos, autótrofos, gluconeogénesis, glucógenogénesis, glúcidos, ácidos grasos, anticuerpos, matriz mitocondrial, enzima, sistema inmunológico, moléculas, aerobio, medio, orgánulos, organismo.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Masa esponjosa, volumen, célula, microscópica, agua, orgánulos, animales, plantas, microorganismos, ribosomas, mitocondrias, vacuolas, membranas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, cloroplastos, etc., síntesis de proteínas, respiración celular, eucariota, procariota, reacciones químicas, animales, vegetales, bacterias, transporte de sustancias.
ex. LÍP. 26/2/97	Membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, mitocondria, lípidos, proteínas, β -oxidación, catabolismo, célula, secreción, dictiosomas, agua, sales minerales, retículo endoplasmático liso, vesículas, enzimas, retículo endoplasmático rugoso, exocitosis, ribosomas, síntesis de proteínas, permeabilidad, transporte, energía, endocitosis, pinocitosis, fagocitosis, matriz mitocondrial, seres vivos, procariotas, eucariotas, animales, vegetales, núcleo, ATP, lisosomas, desecho, ácidos grasos, orgánulos, medio, vacuolas, glúcidos, cloroplastos, fotosíntesis, ósmosis, fluidez.
ex. PROT. 14/3/97	Proteína, principio inmediato, células, orgánulos, membrana plasmática, ADN, cromatina, núcleo, organismo, lípidos, aminoácidos, enzima, reacciones químicas, holoproteínas, heteroenzimas, apoenzima, cofactor, coenzima, especificidad, catálisis, energía, inmunidad, sistema inmunitario, antígenos, vacuna, linfocitos, anticuerpos, sueros, seres vivos, respuesta inmune, transaminación, ARN, información, traducción, ribosomas, citoplasma, retículo endoplasmático rugoso, ácidos grasos, respuesta humoral, respuesta celular, síntesis de proteínas, ARN mensajero, reacciones metabólicas.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Procariota, eucariota, orgánulos, célula, anabolismo, catabolismo, macromoléculas, glucógeno, glucosa, ácidos grasos, proteínas, glucólisis, β -oxidación, desaminación, transaminación.
ex. AN. 12/5/97	Genotipos, fenotipos, gen, mutaciones, genoma, cromosomas, reproducción, gametos, ADN, sexo, enzima, nucleótidos, RNA, herencia, síntesis de proteínas, núcleo, mitosis, células, profase, envoltura nuclear, nucleolo, huso mitótico, metafase, cromátidas, microtúbulos, centrómero, cinetócoros, anafase, telofase, citocinesis, citoplasma, animales, ácidos nucleicos, nucleósidos, ATP, grasas, código, moléculas, proteínas, información genética.
Símil de la fábrica 12/5/97	Membrana, vacuola, macromoléculas, mitocondria, energía, orgánulos, reacciones, núcleo, célula, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, ADN, ARN, citoplasma, lisosomas, síntesis de proteínas.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Ribosoma, vacuola, reacciones, lisosoma, membrana plasmática, mitocondria, ARN, ADN, núcleo, aparato de Golgi, retículo endoplasmático.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Animales, vegetales, bacterias, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, membrana, eucariota, procariota, glucólisis, ciclo de Krebs, β -oxidación, ribosomas, sangre, tejidos, órganos, catabolismo, glucógenogénesis, lisosomas, vacuolas, mitocondrias, citoplasma, célula, anabolismo, traducción, transaminación, aparato de Golgi, centriolos, ácidos nucleicos, núcleo, agua, lípidos, glucógeno, proteínas, ADN, ARN, mitosis, meiosis, hombre, principios inmediatos inorgánicos, principios inmediatos inorgánicos.
Cuestionario final 28/5/97	Célula, ser vivo, vida, orgánulos, funciones, eucariotas, animal, vegetal, reacciones metabólicas, síntesis, destrucción, energía, ATP, lisosoma, membranas, agua, sales minerales, retículo endoplasmático, membrana plasmática, ribosomas, citoplasma, aparato de Golgi, pared celular, cloroplastos, mitocondrias, vacuola, macromoléculas, catabolismo, anabolismo.
Entrevista. 4/6/97	Funciones, ser vivo, célula, vida, metabolismo, catabolismo, anabolismo, reacciones químicas, organización, entropía, membrana, mitocondria, crestas mitocondriales, ciclo de Krebs, orgánulo, ácidos nucleicos, lípidos, glúcidos, proteínas, β -oxidación, agua, sales minerales, ADN.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Orgánulos, núcleo, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, pared celular, vacuola, envoltura nuclear.	Orgánulos, microtúbulos, centriolos, huso mitótico, membrana plasmática, vacuolas, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, flagelo, lisosomas, núcleo, membrana nuclear, retículo endoplasmático, nucleolo, cloroplastos, pared celular.	Granas, pared celular, matriz mitocondrial, orgánulos.	Orgánulos, ribosomas, mitocondrias, vacuolas, retículo endoplasmático, membranas, aparato de Golgi, cloroplastos.	Membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, mitocondria, dictiosomas, retículo endoplasmático liso, vesículas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, matriz mitocondrial, núcleo, lisosomas, orgánulos, vacuolas, cloroplastos.	Orgánulos, membrana plasmática, núcleo, ribosomas, citoplasma, retículo endoplasmático rugoso.	Orgánulos.	Cromosomas, núcleo, envoltura nuclear, nucleolo, huso mitótico, microtúbulos, centrómero, cinetócoros, citoplasma.	Membrana, vacuola, mitocondria, orgánulos, núcleo, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, citoplasma, lisosomas.	Ribosomas, vacuola, lisosoma, membrana plasmática, mitocondria, núcleo, aparato de Golgi, retículo endoplasmático.	Membrana, ribosomas, lisosomas, vacuolas, mitocondrias, citoplasma, aparato de Golgi, centriolos, núcleo.	Orgánulos, lisosoma, membranas, retículo endoplasmático, membrana plasmática, ribosomas, citoplasma, aparato de Golgi, pared celular, cloroplastos, mitocondrias, vacuola.	Membrana, mitocondria, crestas mitocondriales, orgánulos.	AG7,ctrl2,cen trómero1,ci netócoro1,ct pl5,clpt4,cr mit1,crma1,dic tiosoma1,env nucl2,fgl1,gr ana1,husomit 2,liss6,matrix mit2,mnbr9, mbrnucl1, mbrpl5, microtúb2,mi tc10núc8,ncl o2,org10pare dcel4,RE7,R EL2,RER3,ri b9,vesc1.
Moléculas	Principios orgánicos, lípidos, glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos, nutrientes, agua, ADN, ARN.	Agua, sales minerales, biomoléculas.	Monosacáridos, ATP, principios inmediatos, glúcidos, ácidos grasos, enzima, moléculas.	Agua.	Lípidos, agua, sales minerales, enzimas, ATP, ácidos grasos, glúcidos.	Proteína, principio inmediato, ADN, cromatina, lípidos, aminoácidos, enzima, holoproteína, heteroenzima, apoenzima, cofactor, coenzima, ARN, ácidos grasos, ARN mensajero.	Macromoléculas, glucógeno, glucosa, ácidos grasos, proteínas.	Gen, ADN, enzima, nucleótidos, RNA, cromátidas, ácidos nucleicos, nucleósidos, ATP, grasas, moléculas, proteínas.	Macromoléculas, ADN, ARN.	ARN, ADN.	Ácidos nucleicos, agua, lípidos, glucógeno, proteínas, ADN, ARN, principios inmediatos inorgánicos, principios inmediatos orgánicos.	ATP, agua, sales minerales, macromoléculas.	Ácidos nucleicos, lípidos, glúcidos, proteínas, agua, sales minerales, ADN.	Ág4,AN4,A DN7,ag7,aa1 ,apez1,ARN6 ,ARNm1,AT P4,biom1,ce nz1,cofac1,cr mat1,crmat1, enz4,gen3,gl úc4,glcóg2,g rs1,heteréz1, holpr1,líp5,m acrom3,mol6 ,mnsac1,nucs do1,nucótdo 1,nutr1,PI2,p rt6,sm4.
PROCESOS Mts.	Respiración celular, metabolismo, anabolismo, catabolismo.	Respiración celular, síntesis de proteínas, aerobias, anaerobias.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, fermentación, respiración celular, glucolisis, ciclo de Krebs, cadena	Síntesis de proteínas, respiración celular.	β-oxidación, catabolismo, secreción, síntesis de proteínas, desecho, fotosíntesis.	Catálisis, transaminación, traducción, síntesis de proteínas, reacciones metabólicas.	Anabolismo, catabolismo, glucólisis, β-oxidación, desaminación, transaminación.	Síntesis de proteínas.	Síntesis de proteínas.	-	Cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, glucólisis, ciclo de Krebs, β-oxidación, glucógenogénesis,	Reacciones metabólicas, síntesis, destrucción, catabolismo, anabolismo.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, ciclo de Krebs, β-oxidación.	Aerb1,anb6,a naerb2,autóf 1,â-ox4,cadresp 2,cat7,catalísis 1,cKrebs3,de saminación1, desecho1,des trucción1,fer mt1,ffox2,fts t2,glucógeno

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
			respiratoria, fosforilación oxidativa, fotosíntesis, heterótrofos, autótrofos, gluconeogénesis, glucógeno, anaerobio.								anabolismo, traducción, transaminación.			gén2,glucólisis2,gluconeogén1,heterófil,mtb3,reactmtba2,resp4,resp414,secret1,síntesis8,sprot6,traduc2,transaminación3.
Otros	Funciones vitales.	Funciones, plasmólisis, turgencia, actividades vitales, reproducción.	-	Transporte.	Exocitosis, transporte, endocitosis, pinocitosis, fagocitosis, ósmosis.	-	-	Mutaciones, reproducción, mitosis, profase, metafase, anafase, telofase, citocinesis.	-	-	Mitosis, meiosis.	Funciones.	Funciones.	Acvt1,anaf1,ctcins1,endoc1,exoc1,fagc1,f4,FV1,meisis1,metaf1,mitis2,mu1,ósm1,pinc1,plasmól1,prof1,rp2,telf1,trns2,turg1.
CONCEPTOS GRALES:	Célula, transformaciones, reacciones, energía, procesos, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, ser vivo.	Célula, interacción, vida, ser vivo, materia, reacciones químicas, energía, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, medio.	Célula, reacciones químicas, energía, animales, vegetales, medio, organismo.	Masa, volumen, célula, animales, plantas, microorganismos, eucariota, procariota, reacciones químicas, animales, vegetales, bacterias.	Célula, energía, seres vivos, procariotas, animales, vegetales, medio.	Células, organismo, reacciones químicas, energía, seres vivos, información.	Procariota, eucariota, célula.	Herencia, células, animales, información genética.	Energía, reacciones, célula.	Reacciones.	Animales, vegetales, bacterias, eucariota, procariota, célula.	Célula, ser vivo, vida, eucariotas, animal, vegetal, energía.	Ser vivo, célula, vida, reacciones químicas, organización, entropía.	Ani8,bac2,cél112,energ6,entrop1,eucar7,heren1,inform2,inform1,interacción1,masa1,materia1,medio3,microorg1,org4,organización1,planta1,procar6,react8,react5,svv6,transform1,vgt7,vida3,vol1.
OTROS CONCEPTOS	-	-	Anticuerpos, sistema inmunológico	-	Permeabilidad, fluidez.	Especificidad, inmunidad, sistema inmunitario, antígeno, vacuna, linfocitos, anticuerpos, sueros, resp inmune, resp celular, resp humoral.	-	Genotipos, fenotipos, código, genoma.	-	-	Sangre, tejidos, órganos, hombre.	-	-	Antico2,antíg1,cód1,especificidad1,ftipo1,fluidez1,gnoma1,gentipo1,hombre1,inmad1,linfoc1,órg1,permeabilidad1,rhum1,rinm1,sangre1,sin2,suero1,vac1,tej1.
MODELO	B	B	B	A	B	B	A	B	B	C	C	B	B	B

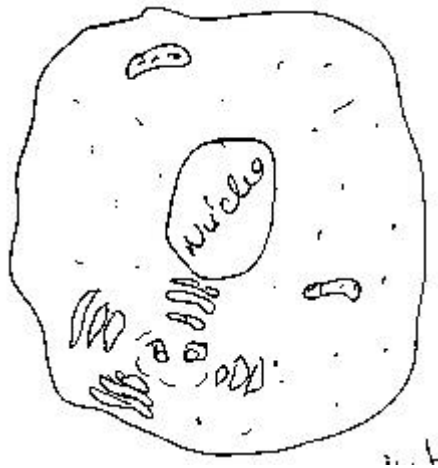
A juzgar por el primer registro del curso que se obtiene de Amanda frente a una tarea que supone pensar en la célula, parece que la representa en su mente como una entidad en la que piensa en un doble nivel: estructural y funcional. Usa desde un primer momento abundantes conceptos, tanto estructurales como funcionales, pero no puede construir una única representación que integre ambos aspectos y que le posibilite el establecimiento de inferencias y deducciones elaboradas y consistentes. Su célula en este momento es como muestra en el cuestionario inicial (22-10-96) ante la pregunta:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

" Pienso que primero hay que destacar que existen dos tipos de célula, eucariotas y procariotas. Las células eucariotas se clasifican en animales y vegetales y las células procariotas son las denominadas bacterias.

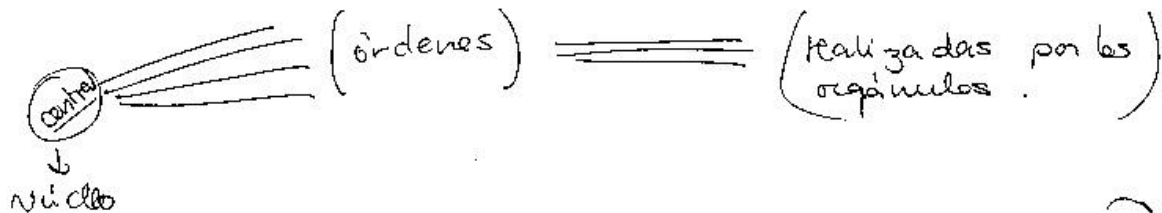
Me imagino la célula como una gran esfera que además posee masa y volumen. Posee un núcleo que es la "central", es decir, el principal elemento celular que da las órdenes para la realización de procesos y otras tareas. Existen diferentes orgánulos en su interior como pueden ser ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, etc.

No todas las células poseen los mismos orgánulos pues algunos se encuentran en las animales y no en la vegetales y viceversa".



Se observa en la respuesta anterior que ha construido un análogo estructural para comprender esta entidad compleja ayudándose de una analogía que repite ante la pregunta:

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?



Usa con soltura distintos conceptos referidos a metabolismo y los usa con corrección biológica pero no los relaciona en su discurso con las estructuras en las que se producen los procesos a los que los mismos se refieren, lo que se interpreta, como se ha expresado, como una forma de trabajar con la célula que atiende a dos aspectos o esquemas distintos; el siguiente texto, de la misma entrevista, es un ejemplo de ello ante la pregunta:

- Aprovecha este espacio para explicar el funcionamiento que tú crees que tiene una célula.

"La célula, como ya he dicho, debe ser de vital importancia para la estructura interna del individuo. El agrupamiento de las mismas forma(n) un tejido y éste parte de los órganos que dan lugar a la estructura interna del ser vivo.

La célula debe realizar funciones, aunque no sea la única unidad del cuerpo que lo haga. Por ejemplo los alimentos que son ingeridos por un individuo son transformados en nutrientes, es decir, la parte aprovechable de los alimentos que van a la célula donde son transformados, mediante reacciones, en energía.

Mediante procesos como el metabolismo, catabolismo y anabolismo, la célula es capaz de realizar la respiración celular que tiene lugar en las mitocondrias y otros orgánulos pertenecientes a la célula. Gracias a los ribosomas y moléculas de ADN y ARN son capaces de fabricar proteínas. Además el núcleo de la célula actúa como organizador de todos los procesos y reacciones realizadas en las células".

En el examen de Origen de la Vida (18-11-96) Amanda parece mantener la misma representación o, cuanto menos, construir una representación similar a la descrita. Si bien construye un discurso coherente en el que aplica los conceptos estudiados haciendo uso de frases personales, muestra una elevada repetición mecánica de la información que se interpreta como señal de que adolece de un modelo global que le permita organizar dicha información de manera más autónoma. Un ejemplo es la forma en la que explica el concepto "célula".

"En primer lugar hay que mencionar la "Teoría Celular", ya que ésta es la recopilación de los conocimientos que tratan sobre la estructura celular; dichos conocimientos datan del año 1665. La teoría celular fue fundada por el estudio de diversos científicos como Robert Hooke (1665); Schawman en (1839); Lamarck en (1809), Brown en (1831), etc. La teoría celular afirma que todos los seres vivos están compuestos por células y productos celulares; las células nacen a partir de las preexistentes; hay relaciones entre los constituyentes químicos y las actividades metabólicas de la célula.

El estudio de las células ha dado (h) a entender que existen dos tipos, células eucariotas y células procariotas. Las células procariotas están representadas por las bacterias y las células eucariotas se dividen en células animales y células vegetales.

Diferencias entre células eucariotas y procariotas.

<i>Eucariotas</i>	<i>Procariotas</i>
<i>* Son grandes.</i>	<i>Son pequeñas.</i>
<i>* Presentan formas unicelulares y multicelulares.</i>	<i>Presentan muy pocas formas multicelulares.</i>
<i>* A veces son microbios, pero la mayoría de las veces son organismos macroscópicos.</i>	<i>Son microbios.</i>
<i>* Son aerobias.</i>	<i>Presentan formas aerobias y anaerobias.</i>
<i>* Tienen microtúbulos, centriolos y huso acromático.</i>	<i>No poseen.</i>

Diferencias en una célula animal y una vegetal.

<i>Animal</i>	<i>Vegetal</i>
<i>Membrana plasmática.</i>	<i>Sí; posee dos pues tiene pared celular.</i>
<i>Vacuolas .</i>	<i>Sólo una y de almacén.</i>
<i>Ribosomas.</i>	<i>Sí posee.</i>
<i>Mitocondrias.</i>	<i>Sí posee.</i>
<i>Aparato de Golgi grande.</i>	<i>Pequeño.</i>
<i>Centriolos.</i>	<i>No posee.</i>
<i>Microtúbulos.</i>	<i>No posee.</i>
<i>Flagelos.</i>	<i>No posee.</i>
<i>Lisomas.</i>	<i>No son frecuentes.</i>
<i>Núcleo.</i>	<i>Sí posee.</i>
<i>Membrana nuclear.</i>	<i>Sí posee.</i>

Nucléolos.	Sí posee.
Reticulo endoplasmático.	Sí posee.
No tiene cloroplastos.	Sí posee.

En definitiva, un ser vivo no podría existir si no tuviera células pues la unión de éstas forma(n) un tejido éstas a su vez un aparato, éstas un organismo y de aquí obtendríamos el ser vivo.

La célula realiza, gracias a sus orgánulos, muchas funciones como metamorfosean alimentos, se preparan para una copia de sí mismas (reproducción), realizan la respiración celular, síntesis de proteínas, etc."

La respuesta que ha hecho Amanda es larga y densa y, efectivamente, muestra repetición mecánica de la información con la que ha trabajado, hasta el extremo de que su último párrafo, relativo al funcionamiento, es copia casi literal de un texto leído y discutido en clase; pero muestra también algo de sumo interés: desde estos inicios de curso hace uso, por ejemplo, como ya se vio en el cuestionario, de los tipos de células y, también, de gran cantidad de elementos estructurales pero cuando se refiere al funcionamiento, la diferencia en el trato es considerable, observándose claramente delimitadas dos formas de abordar lo que es la misma y única entidad real. Este doble modelo la lleva a establecer deducciones e inferencias pobres o, incluso, a no establecerlas como sucede en este ejercicio en el que no contesta a la pregunta:

- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.
 - ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría? ¿Tiene algún fundamento biológico?
 - ¿Qué procesos biológicos no ocurrirían si nuestro organismo no tuviera sales minerales?

Y no sólo, como se decía, anteriormente, limita sus posibilidades predictivas, sino que limita también su capacidad explicativa al no tener un modelo global que le facilite la comprensión de los procesos celulares y su relación con las estructuras en las que se llevan a cabo. Eso es lo que se pone de manifiesto en las respuestas que da Amanda a las preguntas que a continuación se exponen, planteadas en el examen de Glúcidos (9-12-96):

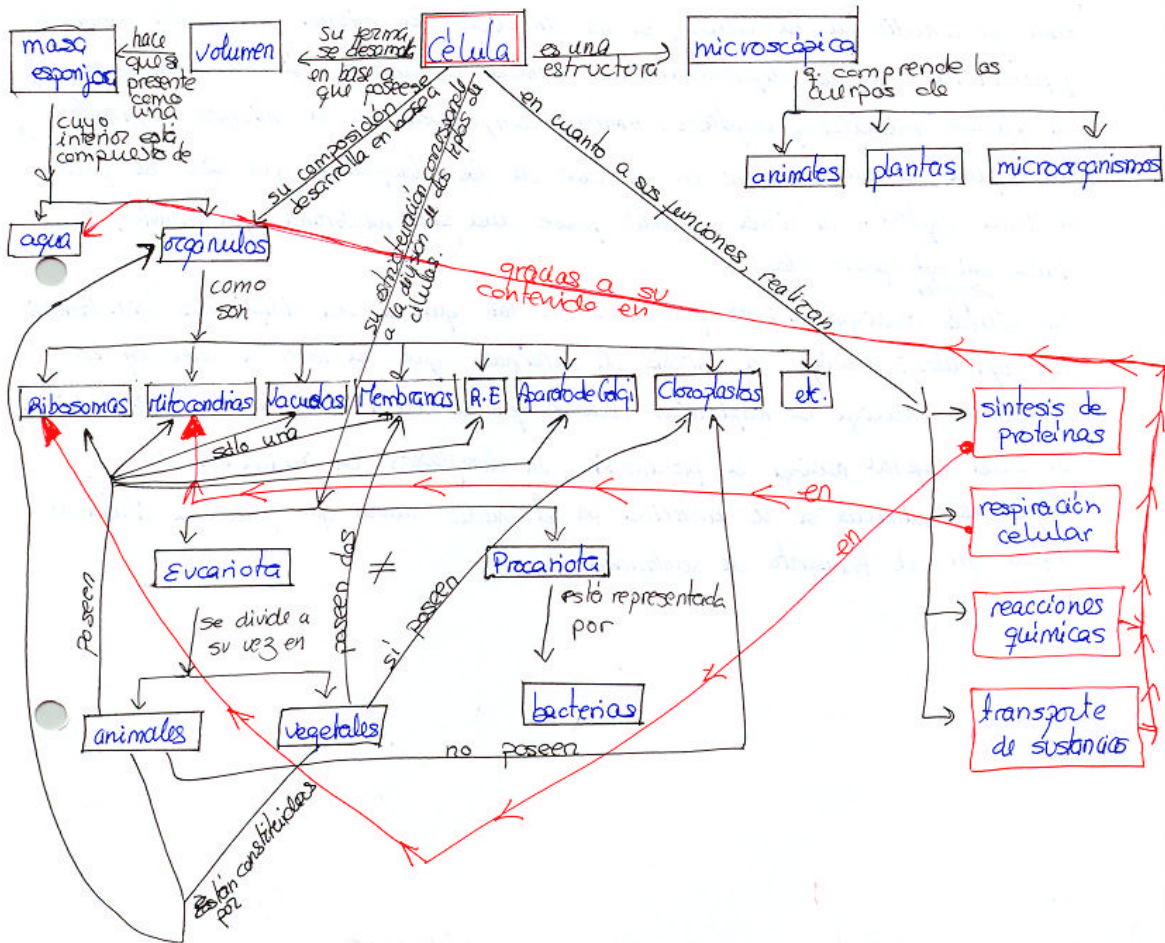
- Razona las respuestas :
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis?
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo?

"No. Tanto las células animales como las células vegetales respiran, claro que, cada una por procesos diferentes. Las células animales lo hacen a través de la respiración celular (glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria y fosforilación oxidativa) con el objetivo (finalidad) de obtener energía que es utilizada para la realización de reacciones, etc. En cambio, las células vegetales respiran a través del proceso llamado fotosíntesis con la finalidad de obtención de principios inmediatos orgánicos.

No. El catabolismo es realizado por los seres heterótrofos, únicamente por ellos. En cambio, los seres autótrofos realizan el anabolismo, aunque también lo realizan los seres heterótrofos. Los procesos anabólicos son la fotosíntesis, gluconeogénesis y glucógenogénesis. Estos dos últimos procesos son realizados tanto por seres autótrofos como por heterótrofos, sin embargo, la fotosíntesis sólo la realizan los autótrofos".

De este modo, operando cognitivamente con ese doble esquema, su capacidad de razonamiento, sus posibilidades de establecer deducciones coherentes y elaboradas,

lógicas en definitiva, es limitada y así vuelve a manifestarse en este ejercicio, como acabamos de ver, en el que hay algunos ejemplos más de dicha forma de pensar en términos biológicos. Y es esto mismo lo que se hace evidente en el primero de los mapas conceptuales que elabora (9-1-97), mapa que parece jerarquizado y compacto pero que no lo está y en el que se observan algunos errores biológicos propios de la ausencia de una comprensión global de la célula. En su explicación del mapa que ha realizado, Amanda insiste en cosas y aspectos que ya ha manifestado anteriormente como, por ejemplo, los tipos generales de células, la teoría celular o la idea de célula como masa esponjosa; así mismo, sigue dos líneas de desarrollo claramente delimitadas: una para estructuras y otra, ¡muy pobre! que hace alguna referencia a procesos metabólicos. Como puede verse, las relaciones son bastante simples y dan lugar a proposiciones de escaso significado tanto biológico como cognitivo.



En el examen de Lípidos (26-2-97) nos encontramos nuevamente con un discurso articulado en torno a frases elaboradas que es coherente y en el que hace uso o aplica el contenido trabajado pero en el que esa información, ese contenido, no parece que esté muy organizado, respondiendo más a repetición mecánica que a una reestructuración autónoma de las ideas. En todo caso, ante la tarea de explicar célula se observan, además de algunas ideas que insistentemente repite, algunos indicios de integración de esos dos aspectos que constituyen esta entidad.

"Podemos considerarla como una estructura compleja sin la cual los seres vivos no podríamos vivir. Existe un criterio básico para diferenciar estas estructuras; así pues las dividimos en células procariotas, representadas por bacterias y en células eucariotas las cuales podemos dividir en: células eucariotas animales y células eucariotas vegetales. Las células animales poseen una sola membrana mientras que las células vegetales poseen dos.

En cuanto al contenido de orgánulos, ambas son muy parecidas pero existen algunas diferencias. Las células, tanto animales como vegetales poseen en su interior un medio acuoso. En ambas células podemos encontrar por lo menos un núcleo, lo cual significa que puede haber más de uno.

Ambas poseen orgánulos como los ribosomas, que llevan a cabo la síntesis proteica, vacuolas, aparato de Golgi, mitocondrias, las cuales poseen mucha importancia pues en ellas se realiza el catabolismo de lípidos y glúcidos, con la finalidad de obtener energía en forma de ATP. Sólo en células vegetales se encuentran los cloroplastos los cuales contienen clorofila para poder llevar a cabo la fotosíntesis".

Las inferencias y deducciones, la capacidad predictiva, en definitiva, sigue siendo limitada, sigue siendo un problema para Amanda razonar válidamente en términos biológicos y ante una tarea que le demanda precisamente eso. Si bien rescata información ya trabajada, la revisa "recursivamente", no la reconcilia adecuada y significativamente, no la integra adecuadamente o en función de la tarea solicitada; un ejemplo de lo anterior nos lo encontramos en este mismo examen frente a la pregunta:

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen "liposomas". Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

"Sí. Las ceramidas son moléculas compuestas por ceras y amidas, como su propio nombre indica.

El envejecimiento se manifiesta por la aparición de arrugas en la piel, más frecuentemente en la cara. Yo reduzco-simplifico esto diciendo que: "la aparición de arrugas en la piel se debe a un arrugamiento de las células faciales las cuales a lo largo del tiempo se van deshidratando".

Esa deshidratación de la célula tiene que ser compensada por un proceso de ósmosis.

Así, al echar crema hidratante en la piel ésta es absorv(b)ida por las células, contrarrestando así el contenido acuoso. Gracias a la semiimpermeabilidad y fluidez de la célula ya que permite la entrada de agua en la misma y el hecho de que no tenga una estructura fija.

Los lisosomas contienen unas moléculas que retrasa(n) la aparición de arrugas en la piel. Esas moléculas mantienen a las células en una continua turgencia".

Hasta el momento se ha observado que progresivamente Amanda ha ido incorporando nuevos conceptos, con dificultades como acabamos de comprobar, pero, sobre todo, se ha visto cómo los ha ido reestructurando en un intento por adquirir una mayor comprensión de la entidad célula a la que sistemáticamente se enfrenta. El examen de Proteínas (14-3-97) es un buen ejemplo de un cambio importante, de una evolución positiva en este sentido pues en el mismo no sólo elabora las frases y las articula en un discurso coherente, sino que, además, organiza de manera autónoma la información que maneja y lo hace en varias ocasiones y frente a distintas preguntas. Un ejemplo es el siguiente:

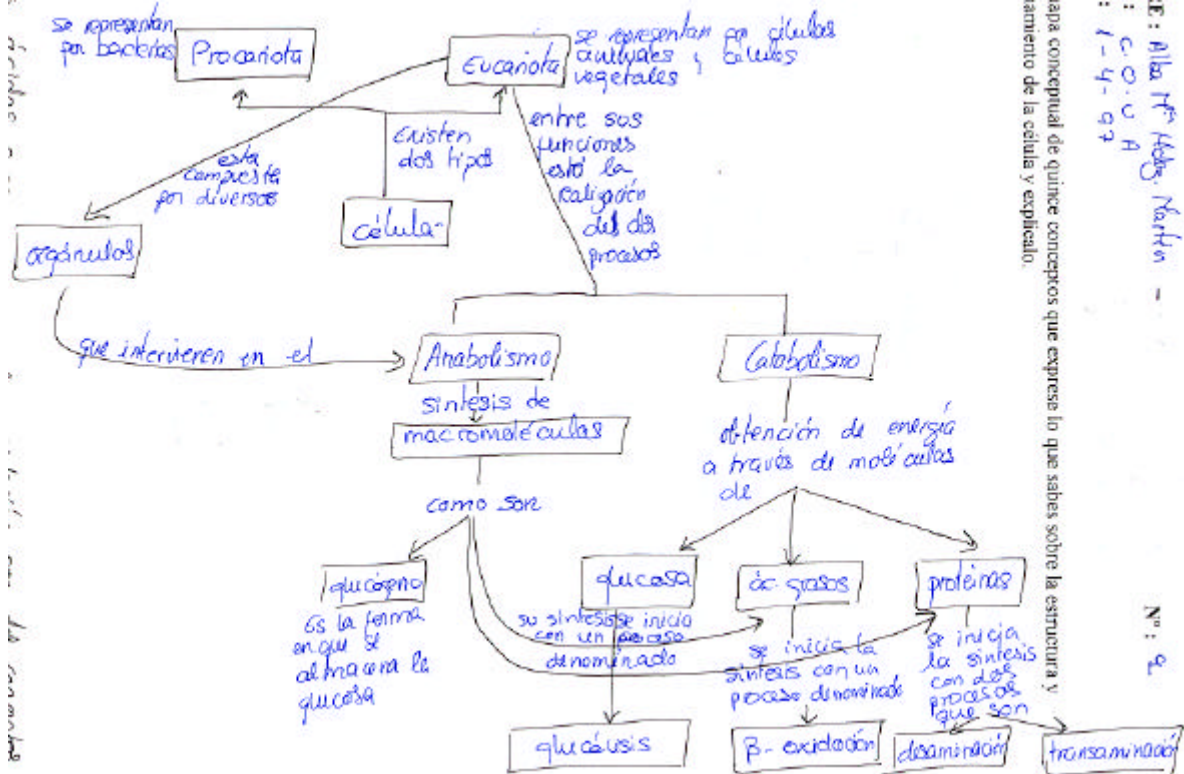
- ¿Qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas ?.

"Todas las reacciones que se desarrollan en un individuo se realizan a una temperatura "altísima", tan grande como para combustionar todo nuestro cuerpo. Pero no

ocurre así, la temperatura normal del cuerpo de un individuo es aproximadamente de 30°, ¿Qué es lo que ocurre?, pues que gracias a los enzimas que poseemos las reacciones que se realizan en nuestro cuerpo están catalizadas por dichos enzimas sin los cuales no podríamos vivir. Por tanto, si no existieran dichos enzimas no sólo la estructura y funcionamiento celular no existiría sino que todos los tejidos y organismos que forman el ser humano también dejarían de existir.

Como ya dije, los enzimas emplean una función catalizadora en las reacciones químicas, esa catálisis consiste en producir la reacción que transforma sustratos en productos en menos tiempo y por tanto, al tener mayor rapidez el camino que recorren es menor y la energía que emplean también".

La interpretación anterior contrasta con lo que nos encontramos en el segundo mapa conceptual (1-4-97) en el que no refiere nada a estructuras celulares y manifiesta algunos errores biológicos importantes; la selección de conceptos, pues, es arbitraria, tanto como las relaciones que establece entre los mismos que dan lugar a proposiciones poco significativas biológicamente -lo que se interpreta como una baja significatividad psicológica- y es un mapa ausente de jerarquización, hecho que ella misma comenta en su explicación.



Cuando volvemos al discurso, es decir, cuando analizamos la forma en la que articula su información en el texto en el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) nos volvemos a encontrar con un grado de elaboración, con una reestructuración cognitiva mayor. Pero se sigue observando un doble nivel, un esquema dual ya que a veces usa elementos estructurales en sus argumentaciones y otras elementos funcionales, no integrándolos. Veamos lo que responde a:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos?. Razona la respuesta.

"Los ácidos nucleicos son moléculas de elevado peso molecular constituidas por elementos químicos como H, O, C, N y P; carecen de azufre. Estas moléculas están formadas por la unión de nucleótidos y estos(s) a su vez por la unión de nucleósidos más un ácido fosfórico. Así pues los diferentes tipos de nucleótidos son muy importantes en la

estructura y funcionamiento de la célula; me refiero a nucleótidos como ATP (adenosina trifosfato) que actúa como importante moneda energética, GTP (guanosina trifosfato) que interviene en la síntesis de proteínas, UTP (uridina trifosfato) que interviene en la síntesis de glucógeno, CTP (citosina trifosfato) que interviene en la síntesis de grasas y fosfolípidos, etc. Por parte de los tipos de ácidos nucleicos, ADN y ARN, son muy importantes estas moléculas porque están relacionadas con la herencia, código genético, etc".

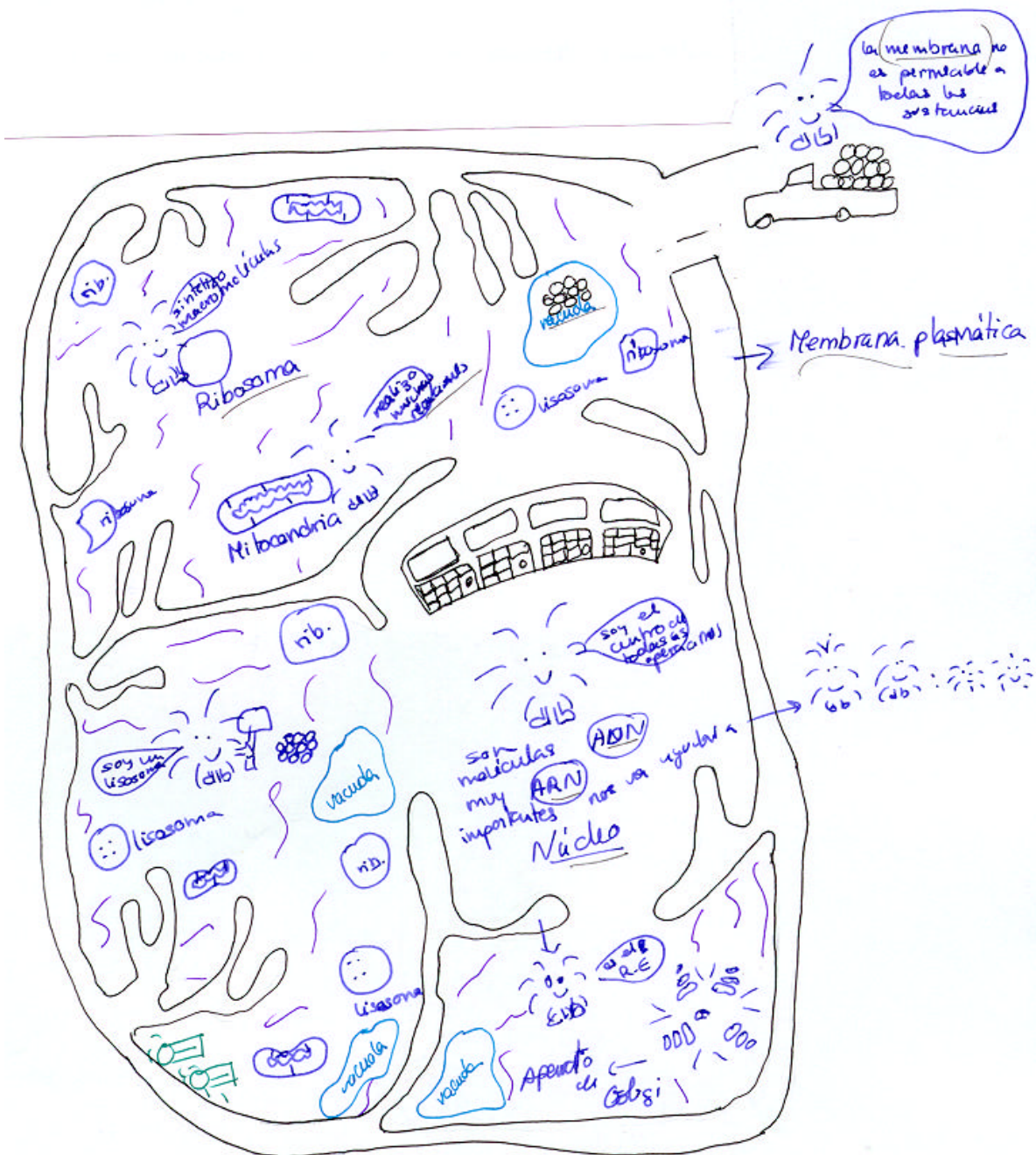
Llama la atención, sobre todo, en la respuesta anterior la ausencia de reconciliación integradora o, para ser más justos, la escasez ya que alguna sí que hay, pues no recupera, no rescata contenidos trabajados a lo largo del curso y, como puede observarse, hace algunas tímidas referencias a lo anterior pero referidas a aspectos funcionales sin relacionar, como se comentaba, con estructuras concretas que los permitan. De hecho, no hace referencia ni a las estructuras celulares ni a su dinámica. Cierta avance se observa en este sentido cuando se enfrenta a la tarea de interpretar el símil que se le presenta de la célula en función del comportamiento o funcionamiento de una fábrica (13-5-97). Ante esta demanda, Amanda recurre mucho a describir con un discurso aceptable y personal pero en el que repite mecánicamente algunas de las ideas y contenidos trabajados con anterioridad y, curiosamente, no hace referencias explícitas ni al dibujo en sí ni a célula; la entidad que trata y de la que escribe resulta activa y dinámica como consecuencia de la suma de la actividad de sus elementos, pero establece pocas conexiones entre ellos.

"En primer lugar se representa el paso de sustancias a través de la membrana, que no es permeable a todo tipo de sustancias. [Por otra parte la vacuola digestiva que se encarga de romper macromoléculas.] La mitocondria aparece como una gran central de energía, lo que refleja que la mitocondria es un importante orgánulo donde se realizan muchos mecanismos, reacciones ... a través de los cuales vamos a obtener energía. El núcleo está representado como un centro de operaciones, lo cual es cierto en realidad, pues es el núcleo el que controla toda la actividad celular. A partir de las órdenes dadas por el núcleo de la célula se sintetizan, en orgánulos como el retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso y ribosomas, diferentes tipos de macromoléculas (como por ejemplo, la síntesis de proteínas realizada por los ribosomas y con aportaciones del núcleo, es decir, la necesidad, para desarrollar la síntesis, de moléculas como el ADN y el ARN que se encuentran estrechamente ligadas al núcleo). Después de esa síntesis de macromoléculas, las vacuolas de almacenamiento, que se encuentran en el citoplasma, se encargan de almacenar dichas macromoléculas, anteriormente fabricadas.*

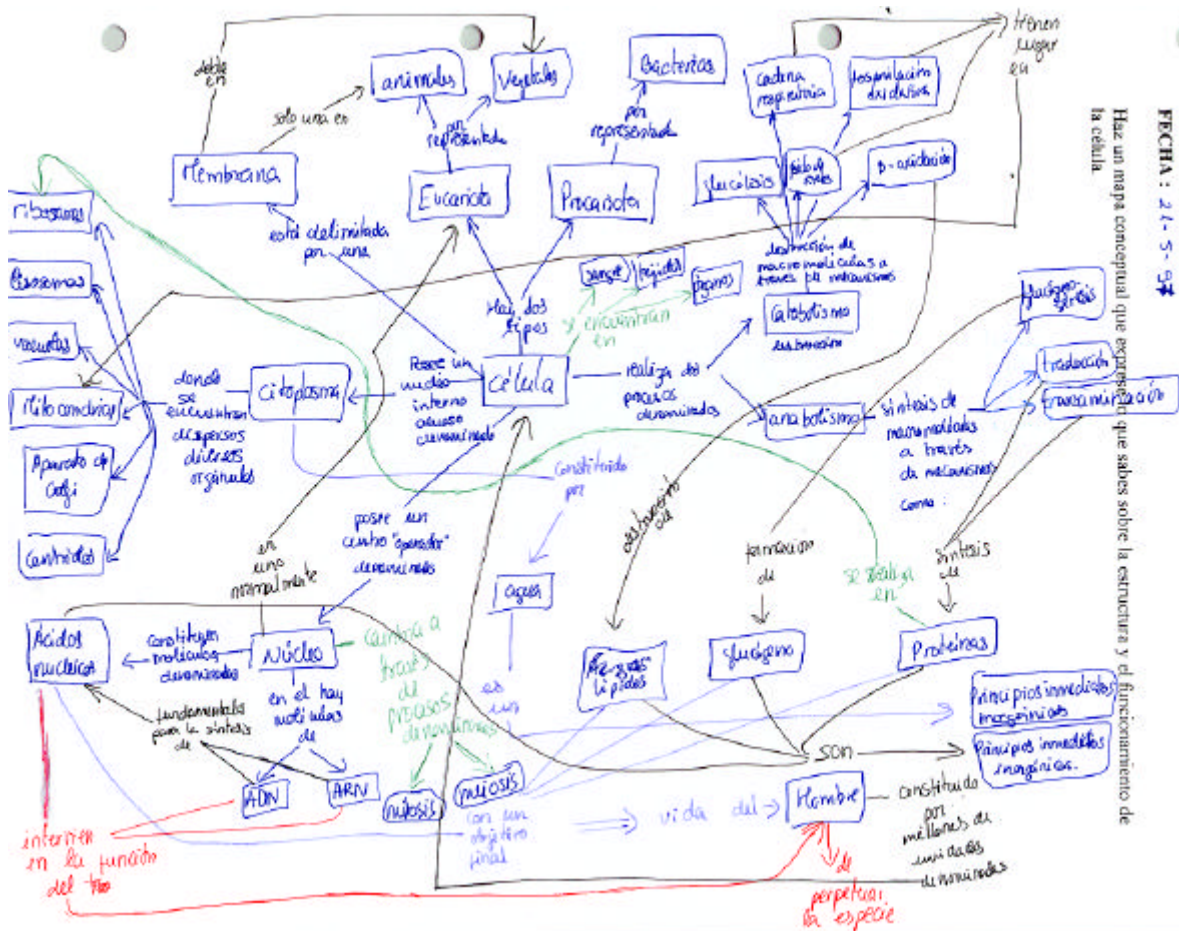
** La interpretación dada a los lisosomas es que son los encargados de "destruir", separar o romper la vacuola digestiva, que es un acúmulo de sustancias que han entrado en el citoplasma".*

En todo caso, como se ha expuesto, genera una explicación fluida que contrasta con aquellas primeras que hacía al principio de curso aunque usara desde ese momento y a lo largo de todo él profusamente abundantes conceptos. Genera, también, una forma de plasmar el funcionamiento celular en imágenes de la que adolecía, como se recordará, por ejemplo, cuando hizo el cuestionario inicial, y la genera de forma muy personal, muy autónoma, lo que muestra que, efectivamente, en su mente se están llevando a cabo reestructuraciones que la conducen a construir modelos mentales como intermediarios que son más consistentes desde el punto de vista biológico, más explicativos, ¡incluso en imágenes! y más predictivos, que le permiten integrar y revisar todo lo que ha trabajado hasta el momento para construir un análogo estructural de la entidad célula a la que se ve obligada a enfrentarse y que resuelve cognitivamente enriqueciéndolo, como puede verse ante la siguiente demanda:

- Haz un dibujo que plasme la estructura y el funcionamiento de una célula.



Si observamos el tercer mapa conceptual que elabora (21-5-97) vemos que la interpretación hecha ante el dibujo no se produce en el vacío, no es puntual, sino que guarda relación con lo que Amanda piensa ya que se muestra, como en su dibujo, un grado de elaboración y de integración importante entre distintos aspectos. Es un mapa jerarquizado radialmente que muestra proposiciones biológicamente significativas resultado de relaciones explicativas entre conceptos que han sido adecuadamente seleccionados.



No sólo el mapa conceptual llama la atención en esta ocasión sino también su explicación; en ella, es curioso cómo hace uso nuevamente de las mismas ideas que han guiado todo el curso y que ha manifestado varias veces. Parece claro que Amanda tiene una representación sobre la célula y sus clases que usa en distintas ocasiones y ante distintas tareas que es estable, como lo son los conceptos que usa que son muchos pero que también son relativamente estables a lo largo del curso. Veamos la explicación que hace de su construcción del mapa:

"Según la teoría celular, la célula es la estructura fundamental que constituye el cuerpo humano. Se encuentra en la sangre, tejidos, órganos, Esta teoría ha predispuesto dos tipos fundamentales de células, denominándolas eucariotas y procariotas. Las células eucariotas están representadas por células animales y vegetales y las células procariotas están representadas por bacterias. La célula posee forma y volumen; su medio interno es líquido y en él se encuentran numerosos orgánulos implicados en la síntesis y destrucción de macromoléculas. Éstas: lípidos, glúcidos, ácidos nucleicos y proteínas están implicadas directamente con la vida del hombre pues son fundamentales. A estas macromoléculas se las denomina (n) principios inmediatos orgánicos; los principios inmediatos inorgánicos: agua y sales minerales, también son fundamentales".

En todo caso, ¿hasta qué punto ha evolucionado el modelo -la representación- que tiene Amanda de la célula? Quizás la mejor manera de comprobarlo sea comparar lo que hace al principio y al final de curso frente a la misma demanda. El cuestionario final (29-5-97) es exactamente igual.

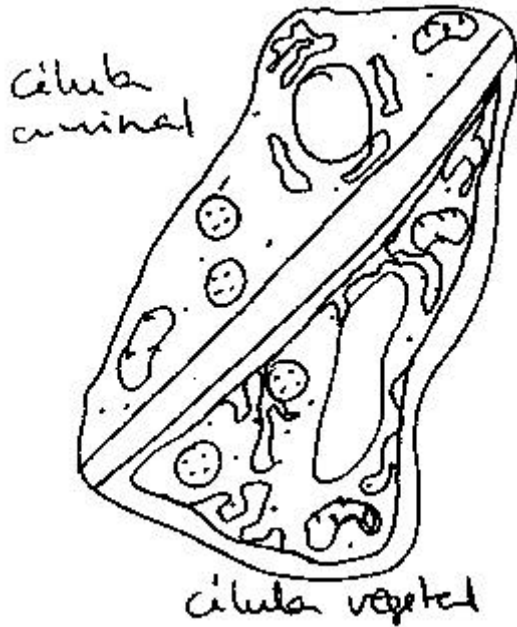
- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

"La célula la podemos representar como una esfera (en cuanto a la forma) que posee volumen.

A través de un estudio microscópico podemos determinar que está constituida por diversos orgánulos los cuales realizan funciones para el mantenimiento de la vida celular.

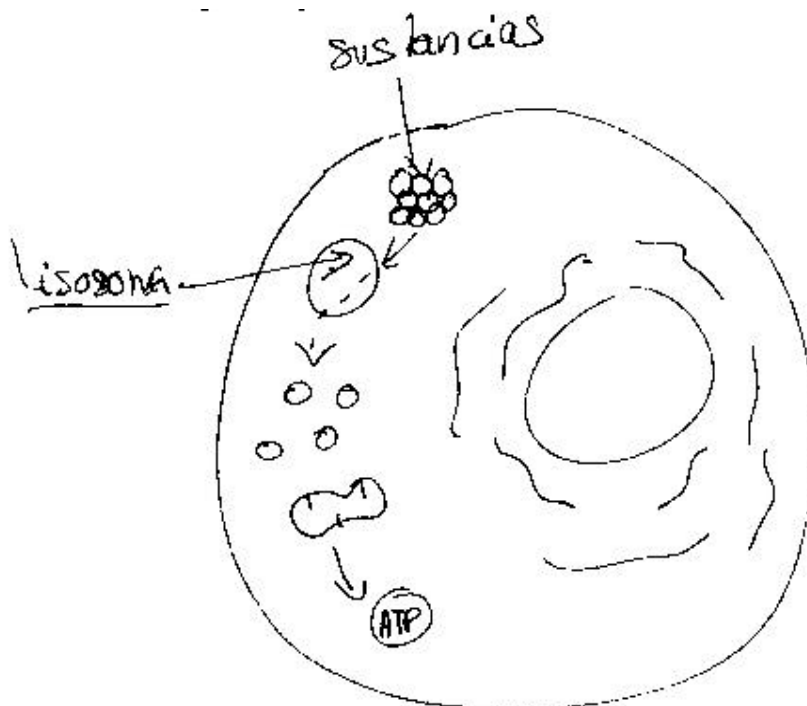
Realmente para representar una célula no basta con un dibujo pues existen varios tipos diferentes.

En el dibujo están representadas solamente las células eucariotas (animal y vegetal)".



¿Hay diferencias? Parece que sí si atendemos, por ejemplo, a la diversidad celular o a la estructura que representa. ¿Y qué pasa con el funcionamiento? Veamos lo que hace ante la pregunta:

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?



Quizás el mejor ejemplo de su enriquecimiento conceptual, de la reestructuración de su modelo sea lo que hace ante la pregunta:

- Si lo siguiente fuera una célula (se añade un círculo) ¿qué pondrías dentro?

en la que, si bien es cierto que desarrolla un esquema muy similar al de un trabajo de grupo anterior, se observa que efectivamente su célula es más rica, más explicativa, más biológica, aunque sólo estructuralmente. Si observamos cómo responde al funcionamiento celular, en el mismo cuestionario, veremos que sigue operando con un esquema para una cosa y con otro para otra y que ambos tienen aún poco de integración.

"La célula como unidad biológica fundamental, realiza diversos mecanismos para su funcionamiento y para que el ser vivo pueda existir. Mediante procesos metabólicos, fabrica macromoléculas mediante un proceso anabólico; además destruye moléculas para la obtención de energía (catabolismo), la cual utilizara para la síntesis de macromoléculas que tienen lugar en el anabolismo. La célula para todo ello no funciona por sí sola sino que está constituida por diversos orgánulos los cuales desarrollan los procesos".

En la entrevista que se ha llevado a cabo al final de curso (4-6-97) ante la demanda de visualización de distintos conceptos celulares, Amanda no parece usar un modelo gráfico, una imagen en la que integrar los elementos y procesos que se le presentan; llama la atención, en todo caso, la analogía extrabiológica personal, muy autónoma, que construye para entropía, célula, catabolismo y anabolismo, ya que recurre a ella de modo natural, en distintos momentos, pues todos esos conceptos ni siquiera son consecutivos en la entrevista.

ML : te la imaginas como una luz. ¿Si te digo "entropía" qué te imaginas ?

Amanda : ..., el tráfico de La Laguna durante la semana.

ML : el tráfico de La Laguna durante la semana. ¿Si te digo "célula" ?

Amanda : ¡mmm ! ..., La Laguna los fines de semana por la noche. (Risas) Un domingo, un domingo.

ML : a ver, ¿qué imagen te viene con la célula ?

Amanda : ¡jeehhh !.

ML : ¿qué quieres decir con La, La Laguna un domingo por la noche ... ?

Amanda : sí.

ML : ¿qué ? ¿mucho tráfico ? ¿te refieres a eso ?

Amanda : ¡mmm! más o menos. Por la tarde, como es un domingo, pues, no sé, por la tarde empiezan ahí y tal, es decir, entran los coches, otros salen,

ML : te imaginas tráfico cuando te digo célula. ¿Y si te digo "catabolismo" ?

Amanda : ¡mmm !

ML : ¿qué imagen te ha venido ?

Amanda : ..., sería ..., si cogemos el mismo ejemplo este del tráfico ¿no ?, sería lo mismo, salir los coches pero ..., hechos polvo ¿no ?

ML : hechos polvo. ... Utiliza las imágenes que tú quieras, lo que quiero es que me las describas. ¿Meiosis ?

Amanda : ..., ¡mmm ! ... ¿todo ? porque todos los procesos ...

ML : ¿a qué te refieres ? ¿qué imagen ... se ha puesto en la mente ?

Amanda : ¿de meo ? nnn sé, ... ¿sabes ? la célula esta de lo típico que te viene en los libros ¿no ? la célula, la división y al final las cuatro células así.

ML : lo de los libros. Si digo "reproducción".

Amanda : ..., los niños.

ML : los niños. Si digo "anabolismo".

Amanda : ¡mmm ! ... el tráfico de La Laguna pero los coches no salen hechos polvo sino salen ...,

ML : ¿pero no se quedan eeen La Laguna ?

Amanda : ... ¡eh ! algunos.

Se observa en este extracto, además, lo que ha sido la tónica en el modo de pensar en célula que sigue Amanda: o habla de estructuras o habla de funcionamiento y eso la lleva a hacer deducciones e inferencias pobres, como ya ha quedado de manifiesto; sus dificultades en la interpretación de la fotografía de microscopía electrónica así lo atestiguan y muestran, incluso, ausencia de hilo conductor en sus respuestas.

Amanda : una célula, en principio, ¡mmm ! nada, esto sería la membrana de laa, la membrana de la célula, ..., es que no sé, me parece una mmitocondria, parece, ...

ML : yyy a mi también, pero ¿por qué ?

Amanda : una mitocondria.

ML : sí ¿y por qué ?

Amanda : no sé, será por las esto de aquí, ... por ser las crestas o, las crestas mitocondriales ¿no ?

ML : ¡aja !

Amanda : ¡jj ! ¡uf ! ahora con la mitocondria.

ML : ¿y a ver, qué estas aplicando ahí ? ¿qué es lo que estás haciendo ?

Amanda : ... lo, se supone ...

ML : ¿mentalmente por qué dices “esto me está pareciendo una, una mitocondria”?

Amanda : la forma, que más o menos siempre suele tener una misma forma así, como ... una forma rectangular, más o menos, si, una cosa así, siempre se ve, más o menos la estructura que se le asocia siempre es una cosa así. Y luego eso, sobre todo las, las crestas estas mitocondriales de, que están por un lado y por el otro.

ML : ¿qué más puedes interpretar ahí ?

Amanda : ..., ..., ..., no sé, no sé, según la fotografía, nada pero con lo que sé, los procesos deee, del catabolismo, ciclo de Krebs y todo eso ¿no ?

ML : ¿pero no ves nada más de la foto ?

Amanda : ..., ...,

ML : te lo pregunto de otra manera, vamos a ver ; tú tienes alguna idea de célula, por lo que yo veo, alguna, algún modelo.

Amanda : ¡mj !

ML : por lo que se ve, tienes algún modelo de célula. Y ese modelo de célula es el que te ha permitido decir : esto se me está pareciendo a una mitocondria. ¿Por qué ? ... Es decir, tú tienes esa estructura o ese modelo ¡eeehhh ! aprendido o no, como sea, y ves una cosa nueva y aplicas lo que tú sabes a esto. ¿Por qué has dicho, bueno cómo, cómo es ese modelo que tú tienes para haberme dicho que esto es una mitocondria ?

Amanda : ¡oh ! una estructura ... ¿no ? se estudia como una, como eso, como una estructura, un orgánulo que pertenece a la célula en general ... y es que la célula no sé porque como también tiene cosas por fuera ¿no ? se supone que es toda la célula y que esto sería el contenido de la célula y estaría un orgánulo que es la mitocondria.

ML : ¡mj !

Amanda : entonces, al principio dije que era la célula pero es que después, si es la célula, toda la célula, por fuera lo que estaría es el, el resto del organismo, nooo, no esto que lo asimilo más bien cooonnn lo, otros orgánulos que estén en la célula y todo eso.

En todo caso, los intentos de integración de Amanda se pone de manifiesto también en la entrevista en dos momentos distintos.

Amanda : porque siempre ibas añadiendo algo.

ML : sííí.

Amanda : siempre ibas, pues, al principio sabías lo de que los glúcidos tal, todo el rollo de los glúcidos ; vale, pues le pones todo, lo relacionado con los glúcidos ; después ya con proteínas pues decías, ¡ño ! pues está con glúcidos pero también está con proteínas ; otra vez tr tal pero con proteínas ; después, volvías, ¡ño ! pero, por ejemplo, la, con lípidos, la b-oxidación, pero antes no estaba, ahora sí ; ¡ah ! pues otra vez la

Expresa un discurso incoherente pero muestra cómo ella va buscando relaciones entre los distintos procesos y estructuras a medida que se avanza en el estudio. Su modelo ella misma dice que ha variado, que se ha reestructurado.

ML : ¿en qué sentido ha evolucionado el modelo ?

Amanda : *sobre todo en el funcionamiento ¿no ? porque ... al principio sí, te la imaginabas como, ¡tch ! en parte te la imaginabas como me la imaginaba al final, es decir, sabía que según el tipo de célula que fuera ¿no ?, unas tenían doble membrana, otras simple, o tal, pero no es lo mismo, no ... , es decir, la complicación durante el curso ¿no ? al final, la complicación se fue haciendo más grande porque al principio lo, era lo mínimo lo que sabíamos con lo que veníamos de, de, yo del año pasado, otros de 3º ¿no ?, era con lo, con lo mínimo, pero claro, después de todo un año de haber estudiado qué hacía, qué no hacía, ¡eh ! qué hacía, es que ahí, por ejemplo, sí, puse uuumn, uno o dos orgánulos pero ni siquiera se, se ve lo que, la función que tienen ni nada, entonces en el último sí, se ve más o menos la función que tienen unos, la que tienen.*

Amanda trabaja mentalmente cuando se enfrenta a la célula como contenido construyendo dos modelos alternativos, uno para la estructura y otro para el funcionamiento celular y opera con ese doble modelo a lo largo de la práctica totalidad del curso como forma o mecanismo que le permite captar o comprender su significado; pero es un doble modelo que se ve progresivamente enriquecido en lo que a conceptos, tanto estructurales como funcionales, se refiere, pues va utilizando en sus explicaciones y predicciones un mayor número de los mismos, va incorporando elementos a lo que son los conjuntos que ha ido construyendo relativos a elementos estructurales y a propiedades y características de dichos elementos. ¿Pero por qué decimos que opera en ese doble nivel o con ese doble modelo? Fundamentalmente porque tiene dificultades en el establecimiento de deducciones e inferencias o la repetición mecánica de información que muestra, lo que la lleva a, por ejemplo, manifestar problemas de conceptualización biológica e incluso errores conceptuales como los que se detectan con fotosíntesis y respiración celular, lo que puede verse en el examen de Glúcidos o en los mapas conceptuales primero y segundo; de hecho, en los mismos mapas parece tener serias dificultades para plasmar el funcionamiento celular. Pero, en todo caso, y como decíamos, se observa una evolución por parte de esta alumna, no sin dificultad a juzgar por lo expuesto, tendente a una mayor y mejor comprensión de esta entidad compleja que es la célula, como se observa en el tercer mapa conceptual o en el diseño elaborado para plasmarla en los que hay indicios de que Amanda ha comenzado a construir su tercer conjunto mental, el conjunto de relaciones entre las entidades -elementos celulares- y características y propiedades de las mismas, es decir, el conjunto de interacciones físico-químicas que se producen ¡en el mundo real! ¡en la célula real! entre esos elementos justificadas por las características y propiedades de las mismas. Parece, pues, que Amanda tiene una mayor comprensión del comportamiento y de la naturaleza celular pero sin llegar a construir o a trabajar cognitivamente con un único modelo, una comprensión que, evidentemente, es mejor que la que tenía en un principio, como muestra su capacidad de explicar procesos metabólicos como catabolismo o anabolismo, ¡o la propia célula! con analogías extrabiológicas que son autónomas y muy personales, como la comentada en su entrevista final.

ANEXO N° 11:

ÓSCAR

NOMBRE: Óscar

CURSO: COU A

FECHA: 20-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, metabolismo, herencia, organismo, vacuola, vegetales, cloroplastos, retículo endoplasmático liso, membrana, mitocondria, lisosoma, orgánulos, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, vida, materia, energía, entropía, ATP, medio, ADN, relación, enzimas, grasas, proteínas, aparato de Golgi, comunicación, rotura, síntesis.	Célula, organismo, animal, vegetal, ser vivo, materia, medio, síntesis, núcleo, vacuolas, aminoácidos, ribosomas, mitocondrias, energía, flagelo, retículo endoplasmático rugoso, síntesis de proteínas, retículo endoplasmático liso, agua, sales, funciones biológicas, membrana plasmática, aparato de Golgi, cloroplastos, hialoplasma, lisosomas, corpúsculos, degradación.	17-8-98: funciones vitales, célula, nutrición, organismo, energía, materia, combustión, lípidos, degradación, estímulos, sexo, vida, seres vivos, reacciones químicas, reproducción, entropía, glúcidos, fermentación, cloroplastos, orgánulos, membrana, núcleo, nucleolo, membrana nuclear, cromatina, vacuolas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático liso, lisosomas, vesículas, mitocondria, tilacoides, dictiosomas, síntesis, catabolismo, crestas mitocondriales, vegetales, animales, procariotas, eucariotas, pseudópodos, invaginación, endomembranas, citoplasma, hialoplasma, síntesis proteica, ARN mensajero, ribosomas, metabolismo, glucogénesis, transporte, respiración celular, ADN, agua, desecho, ciclo de Krebs.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal (¿he dudado!: ej. Preg. 2)	Elaboración personal (Ej: descripción de célula)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (son frases sueltas sin hilo conductor -ej: preg. 4 y 6)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación (hay discurso lógico)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Repetición mecánica (Ej: pág. 10: origen de la vida, síntesis proteica)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso (los tres dibujos son extraordinariamente iguales a los de octubre)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: cristales, azúcar. • Proteína: carne, fibras, cristallitos. • Lípido: grasa, como corcho para embalar pero amarillo; grasa del jamón. • Ácido nucleico: cadena. • Entropía: Universo, espacio, galaxia, espiral. • Célula: ameba moviéndose, imagen dinámica; describe sin usar un solo concepto biológico -puntitos, radios, líquidos, ... • Catabolismo: hoguera, quemar un fósforo. • Meiosis: células dividiéndose. • Reproducción: crías, una camada. • Anabolismo: fermentación. • Ser vivo: animal, persona. • Relación: personas hablando, gatos que tropiezan.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Elaboradas (Ej: relación distribución/función de los orgánulos)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • ¡quizas! "del núcleo salen las órdenes" (en el 2º dibujo). Extrabiol./autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> • núcleo: centro de control. Extrabiol./autónoma. 	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- Pág. 6: su imagen se parece a la foto; sigue sin usar conceptos biológicos (bultitos, manchitas). Su imagen de célula es real, de haberla visto en un documental. La suya no la vio con tanto detalle y concentración.
- Pág. 8 A: tiene un modelo en la cabeza de los lugares en los que está cada cosa. Tiene un modelo "porque hemos visto muchos modelos y dibujos, esquemas".
- Pág. 9: funcionamiento de la célula: piensa en movimiento; si piensa en la estructura la ve quieta y en funcionamiento con movimiento; dos modelos.
- Pág. 10: no puede hacer con toda exactitud una conferencia de funcionamiento; de estructura es más fácil y la organiza bien; de funcionamiento tiene nociones por separado -¡suma!. Una visión global es distinto.
- Su modelo él cree que no ha cambiado mucho; se ha enriquecido en funcionamiento.
- Sus dibujos a lo largo del curso son casi idénticos y él dice que su modelo en estructuras ha variado poco.

NOMBRE: Óscar

CURSO: COU A

FECHA: 20-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, membrana plasmática, núcleo, mitocondrias, reacciones metabólicas, aparato de Golgi, vacuolas, microtúbulos, centriolos, hialoplasma.	Célula, metabolismo, enzimas, entropía, redox, nutrientes, degradación, materia, energía, funcionalidad, nutrición, relación, reproducción, vida. • ¡y una frase: la unidad viva ...".	Célula, entropía, vida, nutrición, relación, reproducción, virus, materia, energía, metabolismo, vegetal, animal, autótrofo, heterótrofo.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (gran cantidad de frases que no son conceptos)	Arbitraria	Arbitraria (son conceptos pero es una selección muy, muy pobre; en relación con estructuras y con funcionamiento no incorpora nada)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples (Ej: ejecuta, realiza)	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Nada significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Óscar

CURSO: COU A

FECHA: 20-7-98

CRITERIOS	SÍMIL	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Célula, orgánulo, núcleo, síntesis, materia.	Célula, materia, reacciones químicas, transporte, animales, plantas, vida, seres vivos, orgánulos, medio, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, entropía, energía, hialoplasma, membrana, núcleo, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, vacuolas, proteínas, lípidos, organismo, ósmosis, sales, agua, enzimas, reacciones metabólicas.	Fermentación, respiración celular, fotosíntesis, células, vegetales, materia, animales, energía, catabolismo, glúcidos, glucólisis, ATP, ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones, enzimas, mitocondria, membrana, matriz, ciclo de Calvin, reacciones químicas, organismos, reacciones exergónicas, reacciones endergónicas, cloroplasto, grana, fotosíntesis, anaeróbico, monosacáridos, reacciones anabólicas, degradación, síntesis.	Membrana plasmática, mitocondria, retículo endoplasmático, vida, entropía, célula, funciones, materia, energía, nutrición, relación, reproducción, vacuolas, núcleo, aparato de Golgi, lisosomas, citosol, cloroplastos, vegetales, pared celular, grasas, enzima, organismo, procesos metabólicos, lípidos, endomembranas, glúcidos, respiración, ciclo de Krebs, dictiosomas, secreción, metabolitos, β -oxidación, retículo endoplasmático liso, ósmosis, permeabilidad, animales, moléculas, degradación, síntesis, ácidos grasos, orgánulo, vesículas, turgencia.	Proteínas, síntesis proteica, aminoácidos, desaminación, ciclo de Krebs, mitocondria, glúcidos, lípidos, ATP, membrana celular, célula, medios, organismo, citoesqueleto, endomembranas, microtúbulos, huso acromático, división celular, reacciones químicas, metabolismo, apoenzima, coenzima, enzima, energía, respuesta humoral, linfocitos, anticuerpos, antígenos, respuesta celular, síntesis, rotura, plantas.	Genoma, cromosoma, ADN, división celular, recombinación, meiosis, herencia, proteína, organismo, metabolismo, mutaciones, transcripción, alelos, gen, seres vivos, información, reproducción, reproducción sexual, células, gametos, información genética, haploides, diploides, duplicación, síntesis, materia, sexos.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: preg. 3)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: célula o permeabilidad)	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	Uso (¡igual a los dibujos de los dos cuestionarios!)	No uso	Uso (¡igual en los cuestionarios y el ex. de origen de la vida!; usa dibujo también en la preg. 4)	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN	Pobres	Elaboradas	Pobres	Pobres	Pobres	No establecimiento
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (*)	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

(*) (el dibujo no refleja ni por asomo el funcionamiento de una célula porque no señala "interacciones entre las partes, un orgánulo o función celular no se comprende sin los otros, no ocurre aisladamente, y esto no está explicado en el texto ni con flechas, sólo se ve unos trabajos sobre una materia")

NOMBRE: Óscar

CURSO: COU A

FECHA: 20-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Vacuola, vegetales, cloroplastos, retículo endoplasmático liso, membrana, mitocondrias, lisosoma, orgánulos, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, ATP, célula, energía.	Núcleo, materia, vacuolas, mensajero, aminoácidos, ribosomas, mitocondrias, energía, agua, sales, flagelos, síntesis de proteínas, retículo endoplasmático liso, membrana plasmática, aparato de Golgi, cloroplastos, hialoplasma, lisosomas.	Núcleo, microporos, vacuola, glúcidos, aparato de Golgi, luz, retículo endoplasmático rugoso, membrana plasmática, pared celular, sales, poros, cloroplastos, agua, lípidos, retículo endoplasmático liso, aminoácidos, ribosomas, RNA, transporte, mitocondrias.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro (1º y 3º) Elaboración personal (2º)	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (1º y 3º -en éste ni se nombra nada;!) identificación y comentario de funciones con frases -¡párrafos!- (2º)	Identificación (1º y 3º -en el 1º no se nombra nada) Identificación y comentario de funciones con palabras y flechas (2º) <ul style="list-style-type: none"> • analogía: núcleo como centro de control. • Preg. 3C: ¡Es extraordinariamente similar al del 1º cuestionario! ¡pero creo que incorpora ¡a ese modelo! nueva información! 	Identificación
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

- ¡ojo! usa dibujo de célula en los exámenes de OV. Y LÍP; ¡son idénticos!.

NOMBRE: Óscar

CURSO: COU A

FECHA: 20-7-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, metabolismo, herencia, organismo, vacuola, vegetales, cloroplastos, retículo endoplasmático liso, membrana, mitocondria, lisosoma, orgánulos, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, vida, materia, energía, entropía, ATP, medio, ADN, relación, enzimas, grasas, proteínas, aparato de Golgi, comunicación, rotura, síntesis.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, materia, reacciones químicas, transporte, animales, plantas, vida, seres vivos, orgánulos, medio, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, entropía, energía, hialoplasma, membrana, núcleo, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, vacuolas, proteínas, lípidos, organismo, ósmosis, sales, agua, enzimas, reacciones metabólicas.
ex. GLUC. 9/12/96	Fermentación, respiración celular, fotosíntesis, células, vegetales, materia, animales, energía, catabolismo, glúcidos, glucólisis, ATP, ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones, enzimas, mitocondria, membrana, matriz, ciclo de Calvin, reacciones químicas, organismos, reacciones exergónicas, reacciones endergónicas, cloroplasto, grana, fotosíntesis, anaeróbico, monosacáridos, reacciones anabólicas, degradación, síntesis.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, membrana plasmática, núcleo, mitocondrias, reacciones metabólicas, aparato de Golgi, vacuolas, microtúbulos, centriolos, hialoplasma.
ex. LÍP. 26/2/97	Membrana plasmática, mitocondria, retículo endoplasmático, vida, entropía, célula, funciones, materia, energía, nutrición, relación, reproducción, vacuolas, núcleo, aparato de Golgi, lisosomas, citosol, cloroplastos, vegetales, pared celular, grasas, enzima, organismo, procesos metabólicos, lípidos, endomembranas, glúcidos, respiración, ciclo de Krebs, dictiosomas, secreción, metabolitos, β -oxidación, retículo endoplasmático liso, ósmosis, permeabilidad, animales, moléculas, degradación, síntesis, ácidos grasos, orgánulo, vesículas, turgencia.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, síntesis proteica, aminoácidos, desaminación, ciclo de Krebs, mitocondria, glúcidos, lípidos, ATP, membrana celular, célula, medios, organismo, citoesqueleto, endomembranas, microtúbulos, huso acromático, división celular, reacciones químicas, metabolismo, apoenzima, coenzima, enzima, energía, respuesta humoral, linfocitos, anticuerpos, antígenos, respuesta celular, síntesis, rotura, plantas.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, metabolismo, enzimas, entropía, redox, nutrientes, degradación, materia, energía, funcionalidad, nutrición, relación, reproducción, vida.
ex. AN. 12/5/97	Genoma, cromosoma, ADN, división celular, recombinación, meiosis, herencia, proteína, organismo, metabolismo, mutaciones, transcripción, alelos, gen, seres vivos, información, reproducción, reproducción sexual, células, gametos, información genética, haploides, diploides, duplicación, síntesis, materia, sexos.
Símil de la fábrica 13/5/97	Célula, orgánulo, núcleo, síntesis, materia.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Núcleo, microporos, vacuola, glúcidos, aparato de Golgi, luz, retículo endoplasmático rugoso, membrana plasmática, pared celular, sales, poros, cloroplastos, agua, lípidos, retículo endoplasmático liso, aminoácidos, ribosomas, RNA, transporte, mitocondrias.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, entropía, vida, nutrición, relación, reproducción, virus, materia, energía, metabolismo, vegetal, animal, autótrofo, heterótrofo.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, organismo, animal, vegetal, ser vivo, materia, medio, síntesis, núcleo, vacuolas, aminoácidos, ribosomas, mitocondrias, energía, flagelo, retículo endoplasmático rugoso, síntesis de proteínas, retículo endoplasmático liso, agua, sales, funciones biológicas, membrana plasmática, aparato de Golgi, cloroplastos, hialoplasma, lisosomas, corpúsculos, degradación.
Entrevista. 19/6/97	funciones vitales, célula, nutrición, organismo, energía, materia, combustión, lípidos, degradación, estímulos, sexo, vida, seres vivos, reacciones químicas, reproducción, entropía, glúcidos, fermentación, cloroplastos, orgánulos, membrana, núcleo, nucleolo, membrana nuclear, cromatina, vacuolas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático liso, lisosomas, vesículas, mitocondria, tilacoides, dictiosomas, síntesis, catabolismo, crestas mitocondriales, vegetales, animales, procariotas, eucariotas, pseudópodos, invaginación, endomembranas, citoplasma, hialoplasma, síntesis proteica, ARN mensajero, ribosomas, metabolismo, glucogénesis, transporte, respiración celular, ADN, agua, desecho, ciclo de Krebs.

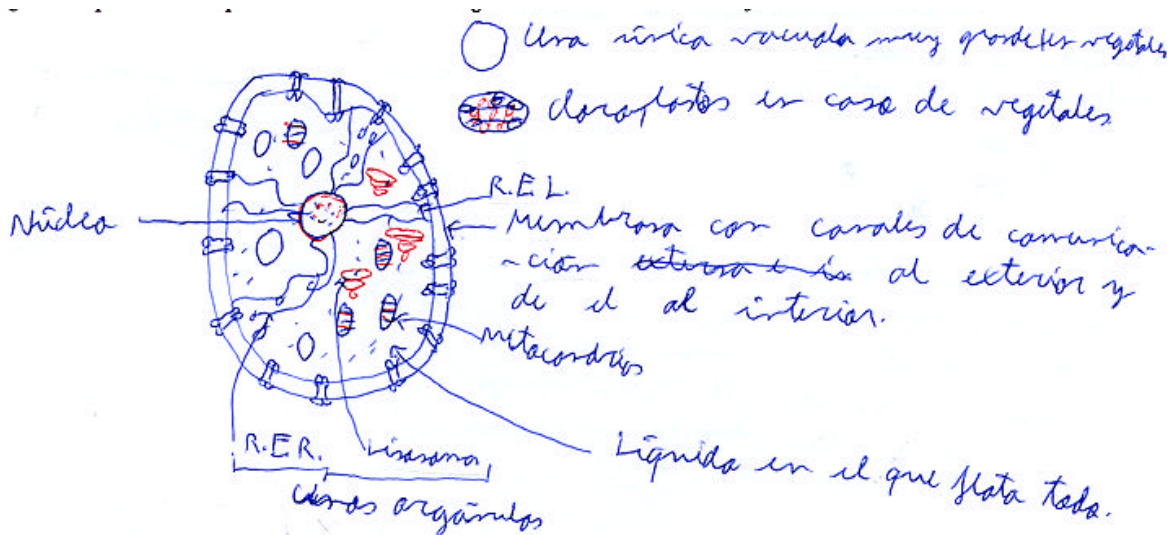
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Vacuola, cloroplastos, retículo endoplasmático liso, membrana, mitocondria, lisosoma, orgánulos, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, aparato de Golgi.	Orgánulos, hialoplasma, membrana, núcleo, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, vacuolas.	Mitocondria, membrana, matriz, cloroplasto, grana.	Membrana plasmática, núcleo, mitocondrias, aparato de Golgi, vacuolas, microtúbulos, centriolos, hialoplasma.	Membrana plasmática, mitocondria, retículo endoplasmático, vacuolas, núcleo, aparato de Golgi, lisosomas, citosol, cloroplastos, pared celular, endomembranas, dictiosomas, retículo endoplasmático liso, orgánulo, vesículas.	Mitocondria, membrana celular, citoesqueleto, endomembranas, microtúbulos, huso acromático.	-	Cromosomas	Orgánulos, núcleo.	Núcleo, microporos, vacuola, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, membrana plasmática, pared celular, poros, cloroplastos, retículo endoplasmático liso, ribosomas, mitocondrias.	-	Núcleo, vacuolas, ribosomas, mitocondrias, flagelo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, aparato de Golgi, membrana plasmática, cloroplastos, lisosomas, vesículas, hialoplasma, lisosomas, corpúsculos.	Cloroplasto, orgánulos, membrana, núcleo, nucleolo, membrana nuclear, vacuolas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático liso, lisosomas, vesículas, mitocondria, tilacoides, dictiosomas, crestas mitocondriales, pseudópodos, endomembranas, citoplasma, hialoplasma, ribosomas.	AG7,ctr11,ctq1,ctpl1.cts11,clpt6,crmit1,crma1,dictiosoma2,fgl1,grana1,hpl4,husoacr1,liss4,mmbr9,mmbrncell1,mmbrnuc11,mmbrplasm4,microtúb2,mitc8,núcl8,nucl1,org5,paredcel2,poro1,RE6,REL5,RER4,rib3,tilacoides1vesc2.
Moléculas	ATP, ADN, enzimas, grasas, proteínas.	Proteínas, lípidos, sales, agua, enzimas.	Glúcidos, ATP, enzimas, monosacáridos.	-	Grasas, enzima, lípidos, glúcidos, metabolitos, moléculas, ácidos grasos.	Proteínas, aminoácidos, glúcidos, lípidos, ATP, apoenzima, coenzima, enzima.	Enzimas, nutrientes.	ADN, proteína, gen.	-	Glúcidos, sales, agua, lípidos, aminoácidos, RNA.	-	Aminoácidos, agua, sales.	Lípidos, glúcidos, cromatina, ARNm, ADN, agua.	Acgr1,ADN3,agua4,aa3,apoenz1,ARN2,ATP3,coenz1,cromat1,enz6,gen1,glúc5,grasa2,líp5,moléc1,monosac1,nutriente1,prot4,
PROCESOS Mts.	Metabolismo, rotura, síntesis.	Reacciones metabólicas.	Fermentación, respiración celular, fotosíntesis, catabolismo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones, ciclo de	Reacciones metabólicas.	Procesos metabólicos, respiración, ciclo de Krebs, secreción, β-oxidación, degradación, síntesis.	Síntesis proteica, desaminación, ciclo de Krebs, metabolismo, síntesis, rotura.	Metabolismo, degradación.	Metabolismo, transcripción, duplicación, síntesis.	Síntesis.	-	Metabolismo, autótrofo, heterótrofo.	Síntesis, síntesis de proteínas, degradación.	Degradación, fermentación, síntesis, catabolismo, síntesis proteica, metabolismo, glucogénesis, respiración celular, desecho, ciclo de Krebs.	Autóf1,cat2,ckrebs4,desaminación1,desecho1,duplic1,fermet2,ftst1,glucogén1,glucólisis1, heteróf1,mtb6,reactmts2,resp3,rescel2,secc1,síntesis8,sprot3,transcrip1.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
			Calvin, reacciones exergónicas, reacciones endergónicas, anaeróbico, reacciones anabólicas, degradación, síntesis.											
Otros	-	Transporte, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, ósmosis.	-	-	Funciones, nutrición, relación, reproducción, ósmosis, turgencia.	División celular.	Nutrición, relación, reproducción.	División celular, recombinación, meiosis, mutaciones, reproducción, reproducción sexual, haploides, diploides.	-	Transporte.	Nutrición, relación, reproducción.	Funciones biológicas.	Funciones vitales, nutrición, reproducción, invaginación, transporte.	Diploide1,func4,FV2,hapl oides1,meios is1,mut1,nut 5,ósmosis2,re l4,rep6,rsex1 ,transporte3,t urgencia1.
CONCEPTOS GRALES:	Célula, organismo, vegetales, vida, materia, energía, entropía, medio, comunicación.	Célula, materia, reacciones químicas, animales, plantas, vida, seres vivos, medio, entropía, energía, organismo.	Células, vegetales, materia, animales, energía, reacciones químicas, organismos.	Célula.	Vida, entropía, célula, materia, energía, vegetales, organismo, animales.	Célula, medios, organismo, reacciones químicas, energía, plantas.	Célula, entropía, materia, energía, funcionalidad, vida.	Herencia, organismo, seres vivos, información, células, información genética, materia.	Célula, materia.	Luz.	Célula, entropía, vida, materia, energía, vegetal, animal.	Célula, organismo, animal, vegetal, ser vivo, materia, medio, energía.	Célula, organismo, energía, materia, combustión, vida, seres vivos, reacciones químicas, entropía, vegetales, animales, procariotas, eucariotas.	Ani6,célula1 2,energía9,entropía6,euct1 ,herencia1,in fcción1,materi a10,medio4,organismo8,pl anta2,proct1, reac4,react4,svv4,vgt6vid a6.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	Permeabilidad.	Respuesta humoral, linfocitos, anticuerpos, antígenos, respuesta celular.	-	Genoma, alelos, gametos, sexos.	-	-	Virus.	-	Estímulos, sexo.	Anticuerpo1, antígeno1,est ímulo1,game to1,genoma1, linfocito1,per meabilidad1, respuesta1,resp cel1,resp humoral1,sexo 1.
MODELO	B	C	B	A	B	B	A	A	B	A	A	B	B	B

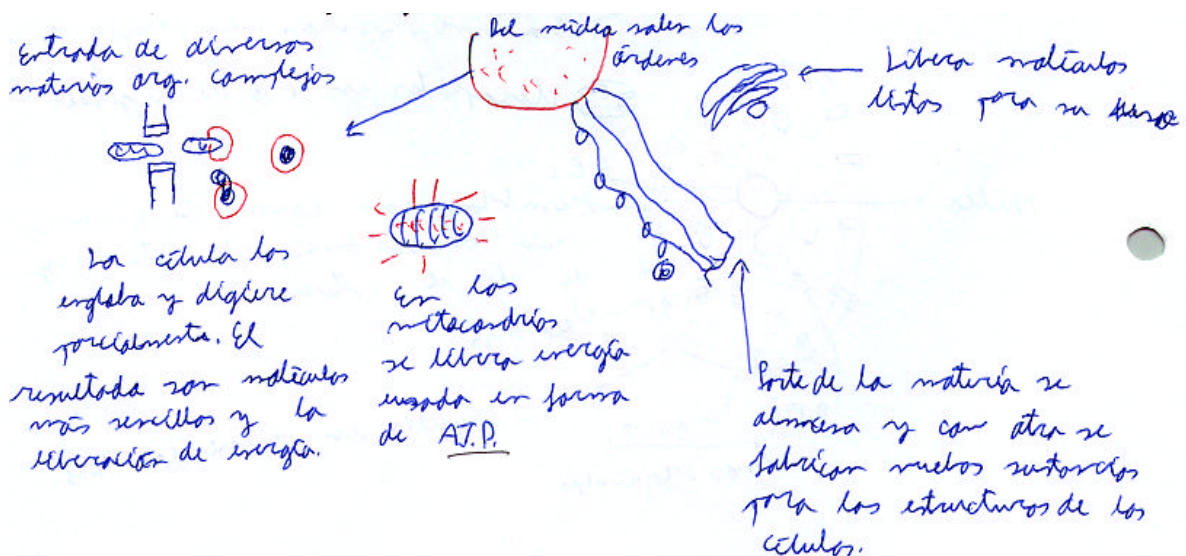
Óscar comienza el curso enfrentándose a la célula con un grado importante de elaboración personal en las frases que usa que organiza autónomamente y, sin embargo, articula en un discurso pobre y limitado en el que no se advierte ningún hilo conductor; utiliza bastantes conceptos relativos a estructuras celulares y algunos muy generales referidos a metabolismo, pero no establece conexiones entre ambos aspectos. Ante la pregunta planteada en el cuestionario inicial (22-10-96):

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

elabora el siguiente dibujo:



Es un dibujo en el que identifica algunos orgánulos si bien no delimita claramente sus estructuras. Esta célula parece ser completamente diferente a la que dibuja cuando se le pregunta, en el mismo cuestionario, qué haría si tuviera que dibujar el funcionamiento celular.



Como vemos, parece otra cosa, otra entidad, otra realidad muy distinta a la que realizó cuando se le pedía que la representara. Cuando piensa en estructura celular plasma una cosa y cuando piensa en funcionamiento de la misma célula, plasma otra; en este último caso, además, necesita recurrir a una analogía -orden o mando- y a frases que expliquen y relacionen lo que el dibujo no es capaz de explicar y relacionar. En este

momento podría interpretarse lo que este alumno produce como consecuencia de un trabajo mental que usa dos modelos, o un modelo dual según el cual genera y usa un esquema que atiende a la estructura a la que se enfrenta y otro distinto para dar cuenta de su funcionamiento que, en todo caso, es bastante pobre y limitado en términos explicativos y predictivos, articulado básicamente en forma de frases sueltas con escasas conexiones entre sí que, en todo caso, si bien responde a ese doble nivel o modelo, muestra al menos algunos intentos de integración en la respuesta que hace a la siguiente pregunta:

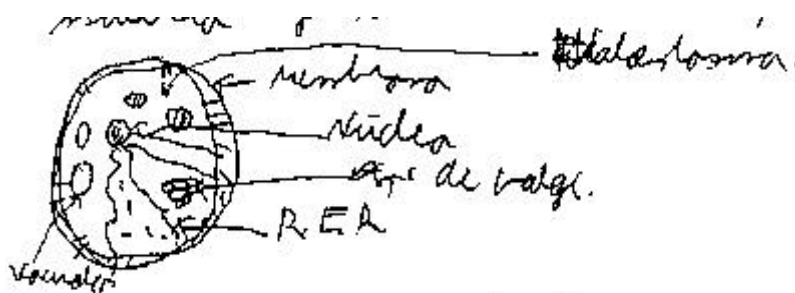
- Aprovecha este espacio para explicar el funcionamiento que tú crees que tiene una célula.

"La membrana selecciona la entrada y salida de sustancias, (además de los mecanismos de relación), en su interior hay un líquido en el que se desarrolla la actividad. Mediante orgánulos y enzimas que flotan en la célula la materia orgánica es digerida y simplificada (rotura de enlaces) con lo que ya se empieza a recoger energía en forma de ATP, unos orgánulos especializados liberan toda la energía posible de la materia por oxidorreducción, son las mitocondrias. También hay varios orgánulos encargados de síntesis y almacenamiento de sustancias retículo endoplasmático liso (grasas), retículo endoplasmático rugoso (proteínas) y aparato de Golgi. En los vegetales el proceso comienza en los cloroplastos donde la materia inorgánica es transformada en orgánica".

En el examen de Origen de la Vida (18-11-96) Óscar elabora su discurso de manera coherente y lo hace utilizando y aplicando adecuadamente los conceptos que usa haciendo gala de una organización autónoma de la información que ha procesado; además, es capaz de establecer inferencias y deducciones elaboradas. Todo ello hace pensar que ha construido ante esta demanda un modelo de célula más global, integrador, si bien dentro de la simplicidad como se muestra en su explicación.

" Es la unidad morfológica de la vida, la unidad constituyente de todos los seres vivos (ex(c)pto los virus). Se trata de un sistema formado por orgánulos en medio acuoso y un aislamiento del medio, y que además realiza todas las funciones vitales propias de la vida (nutrición, relación, reproducción). Siendo además la unidad que va localmente contra la entropía degradando materia y tomando la energía liberada".

Llama la atención el recurso al dibujo que usa Óscar, un dibujo que es muy similar al que ya hiciera en el cuestionario inicial.



¿Y hasta qué punto son elaboradas sus deducciones e inferencias? Un ejemplo nos lo encontramos ante una pregunta típica de razonamiento en la que se demandan procedimientos lógicos desde el punto de vista científico (procedimientos desde la perspectiva de categorías del contenido) en los que hay que usar necesariamente contenidos trabajados en clase que se relacionan con el comportamiento celular. Veamos el ejemplo.

- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando

un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.

- ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría? ¿Tiene algún fundamento biológico?

"La congestión nasal es un ex(c)eso de mucosidad en los tejidos nasales (por mucosa algo salada), si aplicamos una solución salina, la concentración en sales aumenta con lo que estos tejidos liberan líquido, reduciéndose así la inflamación, luego los líquidos se expulsan (sonarse). Es algo parecido a tratar la (h)inchazón de pies con agua salada y caliente. Se basa en procesos de ósmosis".

En el examen de Glúcidos (9-12-96) parece operar mentalmente con un modelo dual que le limita su capacidad explicativa y, sobre todo, predictiva, volviendo a plantear inferencias y deducciones bastante más pobres que lo que acabamos de exponer como ejemplo, tanto que, incluso, deja sin contestar la siguiente pregunta:

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto?
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

Su capacidad explicativa, como decíamos, también es limitada en este ejercicio; construye una representación que no lo dota de comprensión global y que no le permite desarrollar explicaciones consistentes y estructuradas, como puede verse a continuación, observándose que, si bien no se detectan errores biológicos, la extrema brevedad de sus respuestas y la ausencia de razonamiento de las mismas se interpreta como la consecuencia de la pobreza de su modelo, un modelo que, como vemos, o bien habla de estructuras o bien de funcionamiento y en esta ocasión sólo atiende a esto último.

- Razona las respuestas:
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio?
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis?
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo?
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos?

"A: porque la fermentación es un proceso anaeróbico.

B: no, la respiración celular es un proceso común a los dos tipos celulares, la fotosíntesis es un proceso de las células vegetales por el cual fabrican materia orgánica que poder degradar en la respiración celular.

C: no, los procesos degradativos son iguales tanto en células animales como vegetales.

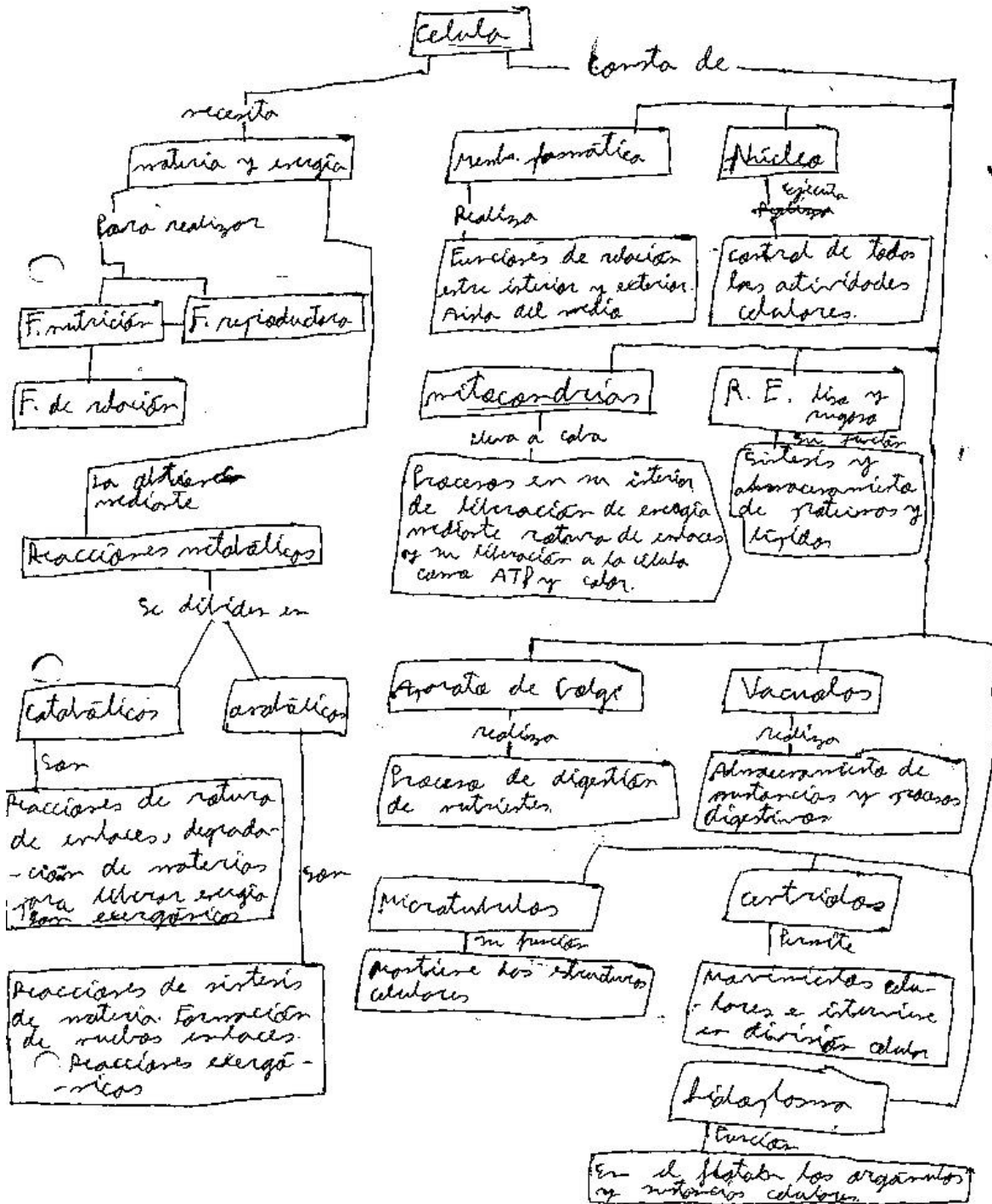
D: no, aunque hay otras moléculas que pueden incorporarse a los procesos catabólicos para liberar energía, cuesta más hacerlo, y no liberan tanta energía".

Su primer mapa conceptual (9-1-97) no es un mapa conceptual; la demanda planteada es:

- Haz un mapa conceptual que exprese lo que sabes sobre la estructura y el funcionamiento de la célula.

Óscar es caótico y arbitrario no seleccionando conceptos sino frases que, además, une con nexos muy simples dando lugar a proposiciones que no significan nada

biológicamente y que cabe pensar que tampoco tengan significado en su estructura cognitiva; no existe en este mapa ninguna jerarquización. En este "pseudomapa" es muy llamativa la separación entre los dos aspectos estructural y funcional que ya hemos comentado.



Su propia explicación da fe de la marcada diferencia que hace Óscar entre estas dos vertientes y la ausencia de conexiones entre ambas pues incluso le asigna funciones a los orgánulos pero esas funciones no tienen nada que ver ni con las funciones vitales ni con el procesamiento de la materia y de la energía que definen el funcionamiento característico de unas estructuras peculiares que definen la entidad célula, ya que sólo se expresa en un terreno genérico.

"El concepto principal y del que parte todo el desarrollo del mapa es el de célula, dividiéndose en dos ramas, la de sus partes y la de sus necesidades, que son concretamente energéticas.

Esto está hecho así porque el funcionamiento y la estructura de la célula está orientado principalmente a procesos de obtención de materia-energía, mantenimiento de estructuras y reproducción del organismo.

En el apartado de las necesidades se mencionan las funciones vitales más comunes y básicas en las células, desarrollando luego la forma en que la célula obtiene energía para poder desarrollarlas.

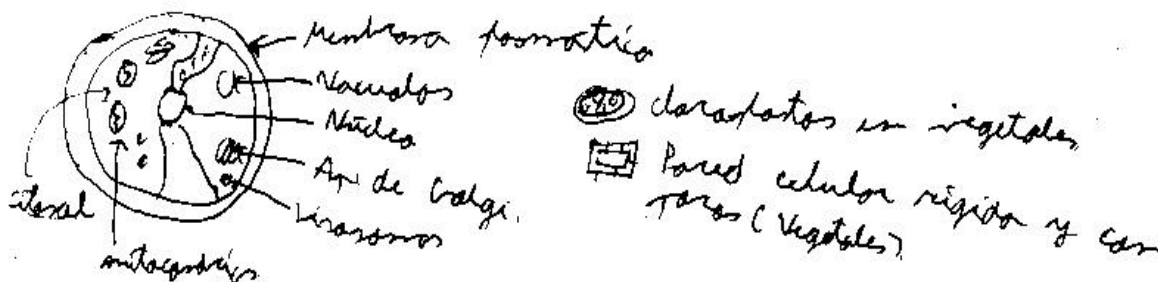
En el otro apartado se mencionan los diferentes orgánulos y su función en el conjunto".

Está claro que Óscar se maneja mejor y se encuentra más cómodo, en todo caso, cuando lo que se le demanda se responde a través del discurso. En el examen de Lípidos (26-2-97) sigue teniendo dificultades para establecer deducciones e inferencias válidas, coherentes, elaboradas, lo que se considera una muestra de un modo de operar mentalmente con la célula en un doble nivel, como ya se ha expresado, pero, al mismo tiempo, usa un lenguaje personal que hilvana en un discurso fluido y consistente en el que es capaz de aplicar acertadamente los conceptos que utiliza, organizando la información de manera autónoma. Quizás el ejemplo más claro de ello en este ejercicio sea la explicación que hace del concepto "célula".

"Es la unidad básica de la vida, la estructura más pequeña con capacidad para ir, por sí misma y con sus medios, localmente contra el caos, reduciendo los niveles de entropía (localmente).

Compuesta por moléculas orgánicas, en organización, que poseen un lugar determinado en la célula y unas funciones que realizan gracias a sus propiedades fisicoquímicas particulares; teniendo, además, la capacidad de mantener y renovar estas estructuras realizando procesos de degradación de materia para obtener energía y síntesis de materia propia, ya que si van localmente contra el caos es porque utilizan energía contenida en moléculas complejas. Realizan todas las funciones que se le atribuyen a los seres vivos: nutrición, relación, reproducción, nacimiento y muerte -sólo lo vivo nace y muere".

Efectivamente no responde a una definición o a una explicación habitual de los libros de texto; pero obsérvese que habla en términos muy genéricos y que no ha hecho uso de ninguno de sus orgánulos constituyentes. Para ello recurre voluntariamente a un dibujo en el que los representa y que, curiosamente, ¡es casi idéntico! a los que ya ha hecho con anterioridad, algunos de los cuales se han seleccionado como ejemplos de las producciones que Óscar hace y que se supone que son reflejo de lo que piensa acerca de la célula. Vemos, pues, que en su respuesta, nuevamente, hay un doble nivel: lo que hace la célula y por qué lo hace, por un lado (para lo que recurre a texto en su intento de comunicarlo), y lo que es físicamente, o sea, el dibujo al que recurre para plasmar su estructura, por otro.



En el examen de Proteínas (14-3-97) Óscar mantiene la tónica anterior, si bien se detecta un cambio relevante: utiliza la información que selecciona frente a las demandas

que se le hacen de un modo diferente, menos elaborado, menos estructurado, repitiéndola mecánicamente. Un ejemplo de ello nos lo ofrece cuando responde a:

- ¿Qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas ?.

respuesta altamente libresca en la que, además, añade información comentada en clase en el mismo sentido y con la misma intención; su capacidad explicativa, pues, parece limitada.

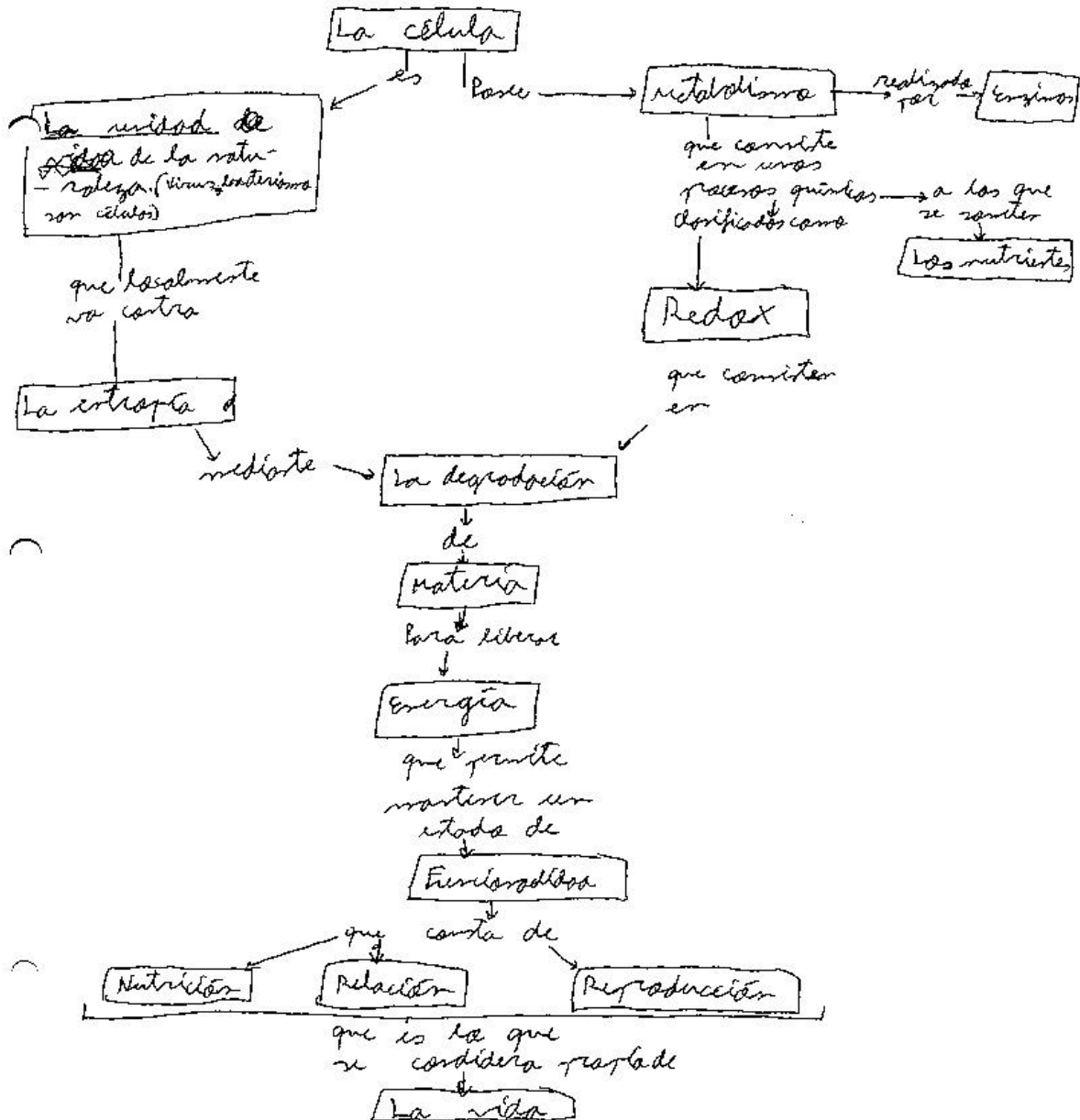
"Nuestro cuerpo posee una temperatura interna de unos 36°C , y es a esa temperatura a la que deben tener lugar la enorme cantidad de reacciones de combustión, síntesis y rotura de enlaces que constituyen nuestro metabolismo. A temperatura ambiente muchas de nuestras reacciones químicas producirían un intenso calor e incluso llamas, pero los enzimas se encargan de que todos estos procesos se realicen con la menor cantidad posible de energía, es decir, rebajan la energía que necesita la materia para reaccionar o liberar la energía de sus enlaces. Si no existieran los enzimas sería imposible controlar la velocidad de las reacciones, además de que con la simple combustión de la glucosa en el cerebro para hacer una multiplicación o mantener las estructuras arderíamos como un fósforo".

Esa repetición mecánica, ese modo de operar pobre, esa baja capacidad predictiva, esa repetición mecánica de la información se muestran de nuevo en el mismo examen ante otra pregunta en la que este joven responde prácticamente de la misma manera.

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 ° ; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.

"Reduciendo la energía necesaria de las sustancias para combustionar o romper sus enlaces. Utilizan mecanismos químicos para reducir el calor de reacción utilizando biocatalizadores".

La tarea cognitiva de organizar sus ideas a través de un mapa conceptual es nuevamente un problema para Óscar y así queda evidente en el segundo que hace (1-4-97) en el que otra vez la selección de conceptos es arbitraria, uniéndolos con relaciones tan simples como "es", "posee", etc y dando lugar a proposiciones de muy poco significado biológico que no resultan nada significativas en su mente; no existe jerarquización y todo lo que se ve es una frase escrita en vertical.

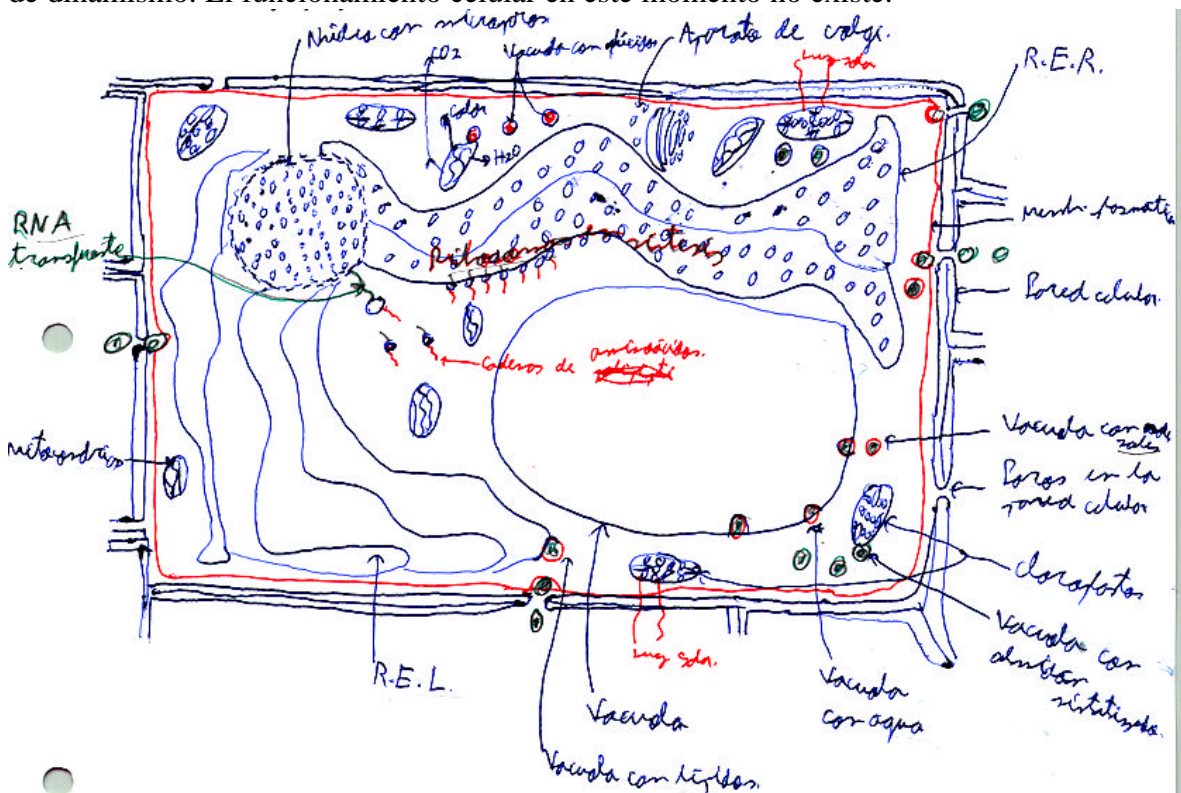


Se diría que al hacer el mapa conceptual anterior, Óscar ha actuado con absoluta desgana y eso mismo parece ocurrir cuando se enfrenta al examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97). Vuelve nuevamente a hacer gala de repetición mecánica de información, una información que no razona, que no piensa, que no relaciona, que no rescata de su memoria y que lo lleva a no poder establecer inferencias y deducciones ni tan siquiera mínimamente lógicas; sus frases son personales y su discurso hilvanado pero nada más. En este ejercicio deja cinco preguntas sin contestar. Ante esto sólo cabe el desconcierto, la duda de si Óscar ha generado o si tiene un modelo sobre la célula o no, y, si lo tiene, la pregunta es obligada: ¿por qué no lo hizo rotar en esta ocasión en la que, incluso, una de las preguntas lo requiere explícitamente? Que ese modelo lo tiene parece ser un hecho si se analiza lo que escribe para interpretar el símil que se le presenta de la célula como si fuera una fábrica (13-5-97). Organiza de una manera muy personal la información y lo hace de manera fluida, estableciendo un hilo conductor claro, y aporta, incluso, sus propias opiniones y críticas al respecto. ¡Pero no hace uso de las estructuras celulares!, sólo comenta muy brevemente que deben estar relacionadas, pero centra su discurso en aspectos funcionales. ¿Opera mentalmente con un esquema dual, un modelo

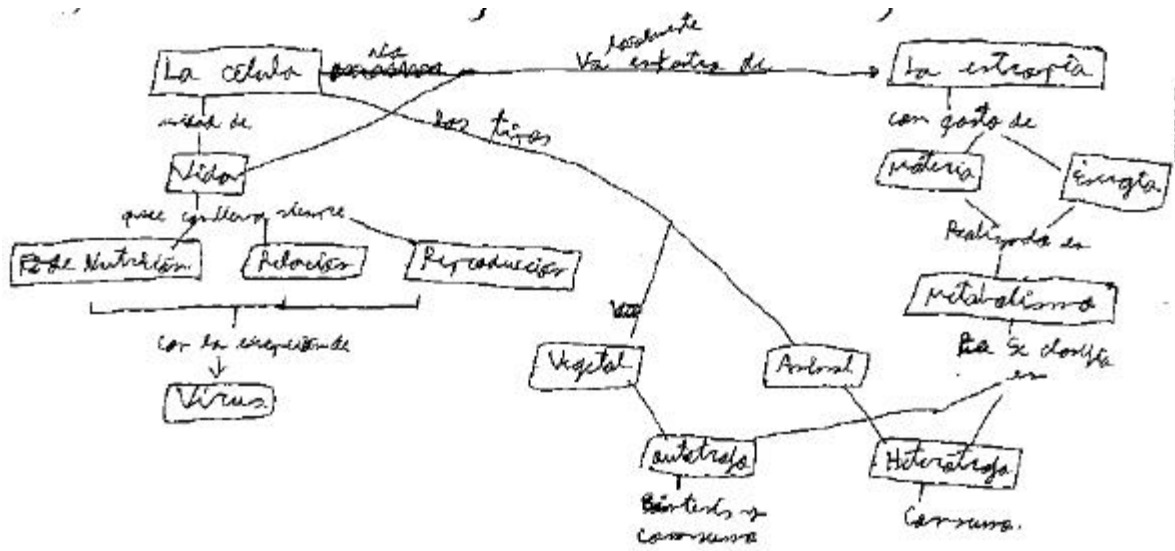
para pensar en estructura y otro para pensar en funcionamiento? A juzgar por lo que escribe, parece ser que sí.

"En esta representación se compara la actividad de una célula con una factoría, mostrando cada orgánulo como una división de trabajo dentro de esa factoría. Yo creo que esta última comparación es v(b)astante correcta aunque en mi opinión a la función del núcleo y a la síntesis de materia orgánica propia le faltan matices que en el dibujo no se muestran. Un fallo grave o defecto que, en mi opinión, tiene este esquema es que no hay relación entre estas divisiones de trabajo, están inconexas unas de otras, como llamadas de atención sobre cada apartado y una célula está muy lejos de ser eso. La base para toda explicación dada acerca de la célula no sólo pasa por mostrarla como unidad sino las estructuras interrelacionadas, las interacciones entre las partes, un orgánulo o función celular no se comprende sin los otros, no ocurre aisladamente y esto no está reflejado en este texto ni con flechas, sólo se ve unos trabajos sobre una materia".

Pocos días después de esta interpretación, se le solicita al alumnado que haga un dibujo para plasmar la estructura y el funcionamiento celular (19-5-97); no pueden explicar, no pueden usar texto, sólo dibujar. Esta vez el dibujo de Óscar es un poquito diferente a los que ya nos ha elaborado pero sólo en el tamaño y en el uso de distintos colores; el esquema básico es similar, -de libro-, es un dibujo simple en el que lo que él hace es identificar los diferentes orgánulos y estructuras pero al que no le imprime nada de dinamismo. El funcionamiento celular en este momento no existe.



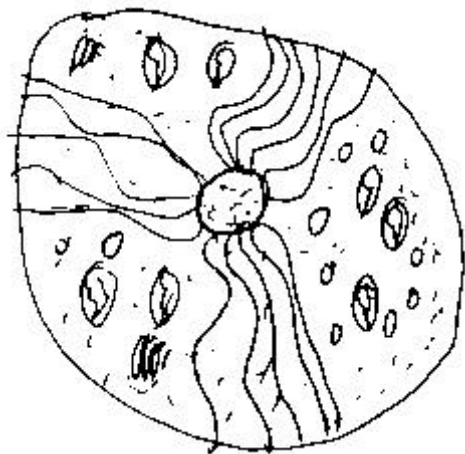
Su tercer mapa conceptual (21-5-97) mejora con respecto a los anteriores, como tendremos ocasión de ver, pero simplemente porque selecciona conceptos, aunque de manera muy pobre, hasta el extremo de que no hay nada relacionado con estructuras y orgánulos celulares y lo que selecciona de comportamiento celular es excesivamente genérico. Además, los nexos que establece entre ellos siguen siendo muy simples y dan lugar a proposiciones que son poco significativas tanto desde el punto de vista biológico como, a nuestro entender, en el terreno cognitivo; no está jerarquizado si bien, cuanto menos, no es ya una frase escrita en vertical.



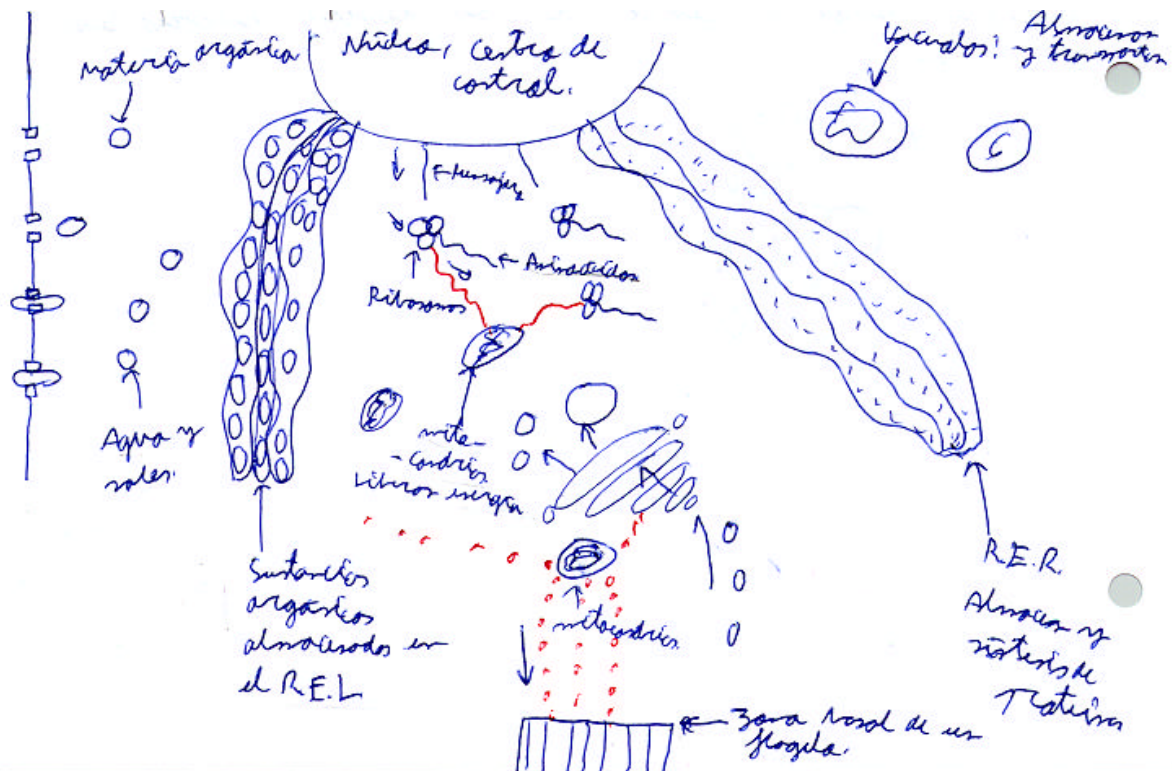
¿Y qué destacamos del cuestionario final (29-5-97)? ¿Comparamos con el inicial? Es posible que así detectemos si hay o no diferencias. Para ello, veamos qué hace frente a la pregunta:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

"Un cuerpo con volumen, de aspecto semiesférico o amorfo, con corpúsculos flotando en su interior, destacando una parte esférica central y unas especies de bolsas plegadas desde el centro a los límites exteriores".



Incorpora un nuevo dibujo que es extraordinariamente igual a los que ya hiciera, al menos, en tres ocasiones más. Cuando se le pregunta qué haría si tuviera que representar el funcionamiento celular, hace ¡el mismo dibujo que en octubre! pero más grande y con más elementos. Este hecho podría interpretarse como la posesión de un modelo mental enormemente estable, de una gran solidez, un modelo que resulta difícilmente modificable y que ¡otra vez! parece atender a dos cosas, a dos aspectos por separado: uno estructural, que incluso parece más rígido, y otro funcional en el que al parecer sí que ha habido cierta incorporación de nueva información, cierto enriquecimiento, si comparamos con lo que Óscar plasmó en la misma pregunta del cuestionario inicial. En todo caso, obsérvese que genera dibujos distintos, esquemas distintos para una cosa y para otra; no añade a su modelo estructural la información, el contenido dinámico, sino que construye una representación diferente.



En todo caso, es capaz de generar explicaciones breves, sintéticas, como ya viéramos en el examen de Glúcidos, pero extraordinariamente autónomas y muy elaboradas, muy globales pero mental y cognitivamente muy elaboradas, como podemos observar en el texto que escribe como respuesta a lo que él cree que es el funcionamiento celular.

"Una célula es una estructura limitada pero que está abierta y en permanente flujo a nivel de tránsito de materia y energía. Mantiene sus estructuras gracias a la materia que obtiene de la degradación de materia, se reproduce, modifica su medio, sus procesos y mecanismos los controla el núcleo".

En la entrevista que se desarrolla al final de curso (19-6-97), Óscar comenta que tiene un modelo en la cabeza de lo que es una célula, así como la forma en la que lo ha construido, que es el que le permite interpretar la fotografía de microscopía electrónica que se le pide que identifique e interprete.

ML: efectivamente todo esto es nucleolo, efectivamente esto es un dictiosoma, esto también, efectivamente esto es una mitocondria, efectivamente esto son membranas, es la membrana externa; a ver ¿por qué identificas esas cosas como las has identificado?

Óscar : ... por la posición en la que se encuentran porque siempree pues también tengo un modelo en la cabeza acerca de los lugares en los que está cada cosa, siempre se ve la célula.

ML: ¡ahij! ¿cómo? explícame eso, que tú tienes un modelo en la cabeza.

Óscar : a ver, a ver, siempre que se piensa en célula.

ML: sí.

Óscar : se piensa un núcleo, se piensa unos, unos elementos característicos colocados más o menos siempre en una posición determinada y entonces por la distribución, la membrana al exterior, el núcleo más o menos al centro, no está exactamente al centro pero siempre separado por una membrana y luego unas estructuras externas ... si aquí hay dictiosomas y esto podría ser retículo endo y esto una mitocondria, pues no sé, lugares de síntesis, y aquí esto podrían ser vacuolas, digo, cloroplastos porque aquí está la mitocondria, lo de la materia, el catabolismo, si esto produce, si esto fueran ¡mmm! cloroplastos, producirían glucosa o almidón para laa catabolismo.

ML: ¡ya! o sea que tú tienes un modelo. ¿Se podría decir, entonces, que tú lo que has hecho es aplicar tu modelo a esta foto para identificar las cosas?

Óscar : *sí, además queee hemos vistooo modelos y dibujos, esquemas de los distintos orgánulos.*

ML: ¡ya!

Óscar : *y sobre todo por eso, las, esto parece una membrana y la forma de los dictiosomas y de las mitocondrias, crestas mitocondriales, la membrana y la de los cloroplastos porque parecen cloroplastos es porque siempre los cloroplastos los dibujamos una membrana externa y unos tilacoides que salen de los lados como si fueran balcones.*

ML: sí.

Óscar : *con apilamientos encima y aquí se ven como apilamientos, no estoy seguro.*

ML: entonces vamos a ver; realmente estás aplicando ese modelo que tú tienes en la cabeza para identificar y para trabajar en esta foto.

Óscar : *sí.*

ML: ¡ya! ¿Y cómo has construido ese modelo?

Óscar : *... a base de ver muchos modelos distintos; hemos visto varios. Para empezar hemos visto todos los orgánulos por separado y tengo en la cabeza la imagen de cómo es cada orgánulo y más o menos por dónde suele estar y lo que hace.*

ML: ¡ya!

Óscar : *y luego también hemos visto distintos tipos de células, vegetales, animales, eucariotas, procariotas.*

En esta entrevista se solicita la visualización de diferentes conceptos biológicos y Óscar "ve" su célula como una bolsa de agua que se mueve. Al ver la fotografía, comenta que su imagen se parece a la que tiene en ese momento delante y no le encuentra diferencias. Pero la conversación sigue; más adelante Óscar corrobora la interpretación que se ha hecho de sus producciones y verbalizaciones manifestando que, efectivamente, opera con un modelo mental dual, genera un doble esquema que atiende, por un lado, a la estructura celular y, por otro, a su funcionamiento. El diálogo que se desarrolla es el siguiente:

Óscar : *sí, siempre hay una repetición, todas las células siguen un patrón, me parece a mí.*

ML: bien; vamos a ver; ¡mmm! este modelo o esta imagen atiende, es un análogo estructural de la estructura ... de una célula, es un análogo de la estructura de la célula.

Óscar : *sí yo creo que sí.*

ML: ¿tu modelo es análogo a la estructura de la célula?

Óscar : *... pues sí.*

ML: sí. Estamos hablando de un modelo que es análogo a la estructura de la célula.

Óscar : *¡mj!*

ML: atiende a la estructura.

Óscar : *¡mj!*

ML: ¿tienes un modelo que atiende al funcionamiento de la célula?

Óscar : *..., ... sí también.*

ML: también tienes un modelo que atiende al funcionamiento, que es análogo.

Óscar : *pero es más.*

ML: al funcionamiento.

Óscar : *sí, es más lamam, son como ... tienen que ver pero cuando pienso en el funcionamiento de una célula, pienso más en la que le dije, la veo en mov, en movimiento, que se ven partículas atravesando, que se ve que con pseudópodos ooo que hace una invaginación y absorbe algo y entra y se ve que forma una vacuola y luego la vacuola se disgrega.*

ML: ¡ah!

Óscar : *la materia dentro se disgrega.*

ML: ¡claro! es que cuando yo te decía qué diferencias hay entre esta imagen y la tuya, tú me habías descrito una imagen dinámica, una imagen en movimiento y ¡claro! ésta no es dinámica.

Óscar : *sí.*

ML: ésta es estática porque es una foto.

Óscar : *siempre que veo una en estática la relaciono con estructura, con ...*

ML: ¿entonces qué quieres decir, que tienes dos modelos distintos de célula en tu mente?

Óscar : *pueees sí, bueno, si pienso en la estructura de una célula pues la veo quieta todo bien puesto en su sitio.*

ML: sí.

Óscar : *y en movimiento pues ... movimiento.*

De hecho, un poco más adelante, en la misma situación y contexto, este estudiante considera que no podría hacer una conferencia de funcionamiento celular porque tiene nociones e ideas por separado, pero no una visión global porque "*eso es distinto*"; del mismo modo que se siente capaz de elaborar una exposición adecuada y bien organizada de la estructura celular, confiesa que explicaría un funcionamiento-suma de lo que son distintos procesos y de lo que hacen distintos orgánulos, pero nada más, pues no tiene una idea global. En todo caso, Óscar reconoce que su idea de célula ha variado un poco a lo largo del curso, sobre todo en funcionamiento, pero no mucho "*la verdad*" y eso ha quedado claramente de manifiesto si atendemos a sus producciones y verbalizaciones; ese modelo dual se ha visto ligeramente enriquecido a lo largo del mismo en términos conceptuales, pues este alumno manejaba desde un principio abundantes conceptos, y, fundamentalmente, en lo que se refiere a la dinámica, al comportamiento celular, pero es cierto que es una evolución pobre, limitada, como limitado es el poder explicativo y predictivo que genera y quizás sea debido a la rigidez que tiene, como hemos visto, "su" estructura celular, una rigidez que no ha permitido una mayor evolución, un mayor enriquecimiento, una mayor y mejor forma de establecer conexiones entre esos dos aspectos, de revisar recursivamente la información, ¡nueva y abundante información, sin duda! y de hacerla reconciliar significativamente en aras de generar un modelo que, de hecho, fuese más predictivo y más explicativo. Es quizás esto lo que ha hecho que Óscar mostrara las dificultades expuestas ante tareas que demandaban un mayor grado de abstracción, un esfuerzo cognitivo mayor, que lo obligaban a una mayor reestructuración de sus conocimientos e ideas y, quizás por eso, se ha encontrado más cómodo en el terreno del discurso que, incluso cuando era producto de repetición mecánica, organizaba coherentemente y articulaba con corrección.

Ese razonamiento con un doble modelo estructura/funcionamiento, es lo que ha primado en Óscar a lo largo del curso, un razonamiento que no lo ha dotado de una comprensión biológicamente aceptable de la entidad célula, lo que se plasma claramente en los mapas conceptuales o en el dibujo solicitado al efecto. Con estos instrumentos incluso opera simplemente con la estructura celular.

Como resumen podemos decir que Óscar manipula mentalmente dos esquemas distintos para trabajar con el concepto célula y eso parece claramente demostrado: uno que atiende a la estructura, a sus elementos constituyentes (orgánulos y moléculas) y que no se ve muy enriquecido a lo largo del curso, es decir, que ha variado poco; y otro que pretende dar cuenta del funcionamiento de la misma, un funcionamiento que ha evolucionado más, que se ha enriquecido más, si bien es cierto que tampoco en gran medida pues no lo dota de un poder o capacidad explicativa significativamente mayor, como muestra el hecho de que recurra para esas explicaciones, cuando tiene que hacer uso de conceptos específicos, a repetición mecánica de información, lo que se observa claramente en los exámenes de Glúcidos o de Proteínas. De hecho, piensa en la estructura y en el funcionamiento de manera diferente como él mismo dice en la entrevista; cuando piensa en la estructura, ve una célula quieta, una célula que tiene un

patrón en su mente extraordinariamente estable para el que tiene "imaginabilidad" pues construye una imagen muy simple, pero que usa abiertamente en distintas ocasiones, sean requeridos diseños o no, una imagen casi idéntica a lo largo de todo el curso, tan estable que él mismo comenta que su modelo de estructura ha variado poco. Pero cuando piensa en el funcionamiento, no usa ese modelo, no refiere a esa imagen y, en cambio, recurre a una célula con movimiento, con mucho movimiento, como si fuera una bolsa de agua que poco tiene que ver con la imagen ya comentada. Es, en todo caso, un funcionamiento tan simple y genérico como la asignación de movimiento, pero para explicar cómo funciona una célula, lo tiene que pensar porque no tiene una idea global; sabe, eso sí, lo que hace cada orgánulo, un funcionamiento suma o puzzle que puede considerarse como una consecuencia del modelo mental que ha generado.

ANEXO N° 12:

NIEVES

NOMBRE: Nieves

CURSO: COU A

FECHA: 22-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Células, núcleo, citoplasma, membrana nuclear, membrana celular, orgánulos, vida, materia, organismo, energía, nutrientes, respiración celular, enzimas, funciones vitales, mitocondria, ribosoma, ADN, ARN, material genético, información, vegetales, cloroplastos, fotosíntesis.	Célula, vida, orgánulos, membrana plasmática, retículo endoplasmático, ribosomas, membrana nuclear, vacuola, citoplasma, aparato de Golgi, lisosomas, centrosoma, mitocondria, núcleo, nucleolo, organismo, procesos metabólicos, energía, ATP, información, animal, vegetal, cloroplastos, pared celular, procariota, nutrientes.	Células, ser vivo, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, metabolismo, catabolismo, anabolismo, principios inmediatos inorgánicos, ribosomas, membrana, traducción, orgánulos, meiosis, mitosis, plantas, animales, organismos, cloroplasto, grana, citoplasma, información, núcleo.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas; ej: preg. 4 y 6)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre (no hay hilo conductor)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Organización autónoma (Ej: relación de palabras)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (en el 2º no es más que un esquema)	Uso (1º y 3º: ¡ mucho más ricos que en octubre!) No uso (2º y mucho texto)	<ul style="list-style-type: none"> • Proteína: ribosoma. • Lípido: membrana. • Ácido nucleico. Ribosomas/traducción. • Energía: el dibujo de la célula con las flechitas • Entropía: rotura de enlaces. • Célula: todo, una célula toda, orgánulos -los dibujos de siempre. • Catabolismo. Rotura de enlaces. • Meiosis: los dibujitos de las células que se parte. • Reproducción: meiosis, mitosis. • Ser vivo: plantas, animales. • Nutrición: comida.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Elaboradas (Ej: comentarios en preg. 5)	Pobres (no aplica su modelo a la foto)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> • "actuando la célula como una fábrica donde todos sus componentes están relacionados entre sí" (en la preg. 6). Extrabiol./ repetición de clase (símil de la fábrica). • Preg. 3C: explica pero muy sintéticamente insistiendo en las relaciones porque los productos de unos procesos son los que entran en otros. 	No se detectan (sólo las que se reflejan en las imágenes)

- Pág. 7: imagen de cómo es una célula (la de los libros) pero no imagen de cómo funciona.
- Hay muchas cosas en las imágenes referidas a célula o a conceptos biológicos.
- Pág. 7 A: ha variado su modelo de célula porque ahora sabe lo que hace cada orgánulo, los relaciona entre ellos; antes es que tampoco los conocía. Destaco esto porque insiste, como en el cuestionario final, en las relaciones.
- Pág. 7: tiene imagen de estructura pero no de funcionamiento.

NOMBRE: Nieves

CURSO: COU A

FECHA: 22-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Catabolismo, anabolismo, procariotas, eucariotas, célula, núcleo, membrana, citoplasma, plasma, orgánulos, célula vegetal, célula animal, principios inmediatos, lisosomas, ribosomas, plastos, mitocondrias, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, orgánicos, inorgánicos, glúcidos, lípidos, prótidos, agua, sales minerales, glucosa, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, fermentación láctica, alcoholica, fotosíntesis, fase fotoquímica, fase biosintética, glucógenogénesis.	Célula, núcleo, citoplasma, membrana, hialoplasma, orgánulos, lípidos, proteínas, ADN, metabolismo, aparato de Golgi, mitocondria, plastos, ribosomas, código genético.	Célula, núcleo, membrana, ADN, mitosis, meiosis, nucleolo, orgánulos, celular, nuclear, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, lisosomas, ribosomas, vacuola, material genético, diploides, haploides, proteínas, lípidos, glúcidos, cromosomas, reproducción, nutrición, relación, catabolismo, anabolismo, ATP, metabolismo.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (adjetivos, por ejemplo)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente (¡he dudado! Cuando lo he pasado a ordenador -8-8-98)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro	Coherente (elementos básicos, composición también básica de dos de ellos y metabolismo por un lado y orgánulos por otro; tiene lógica)	Débil (me lo confirma la explicación -ideas sueltas sin orden)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
		En la explicación se justifica por qué añade ADN y código.	

NOMBRE: Nieves

CURSO: COU A

FECHA: 22/23-7-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, transporte, proteínas, procesos metabólicos, núcleo, información, ribosomas, membrana nuclear, citoplasma, síntesis de proteínas, ARN mensajero, ARN transferente, ARN ribosómico, aminoácidos, retículo endoplasmático, mitocondria, energía, vida, lisosomas, vacuolas, retículo endoplasmático liso, desecho.	Materia, energía, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, reacciones, enzima, ser vivo, genes, transmisión, célula, herencia, vegetales, vida, agua, organismo, sales minerales, membrana citoplasmática, ósmosis, animales, turgencias.	Reacciones químicas, organismo, energía, entropía, membranas, cloroplasto, fotosíntesis, anaerobio, ATP, células, vegetales, respiración, materia, animales, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, glúcidos, glucólisis, hialoplasma, enzimas, ciclo de Krebs, matriz mitocondrial, agua, lípidos, monosacáridos, síntesis, degradación, estímulos, nutrientes.	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, mitocondria, dictiosomas, vesículas, secreción, crestas mitocondriales, hialoplasma, ribosomas, célula, materia, funciones vitales, membrana citoplasmática, núcleo, orgánulos, eucariotas, procariotas, animales, vegetales, lípidos, catabolismo, citosol, reacciones, enzimas, β -oxidación, matriz mitocondrial, membrana mitocondrial, ciclo de Krebs, proteínas, permeabilidad, vida, ácidos grasos, autosellado, autoensamblaje, fluidez, impermeabilidad, procesos metabólicos, glucosidación, transporte, organismo.	Organismo, células, energía, antígeno, anticuerpos, sistema inmunitario, proteínas, endomembranas, membrana plasmática, retículo, enzimas, holoproteínas, cofactor, reacciones, metabolismo, holoenzimas, apoenzima, grupo prostético, coenzima, catálisis, transcripción, ADN, ARN mensajero, información, código genético, traducción, citosol, ribosomas, aminoácido, nucleótidos, codón, anticodón, ARN transferente, inmunidad, herencia, vida, linfocitos, desnaturalización, ser vivo, inhibidores, plantas, animales, fagocitosis, degradación, síntesis.	Vida, genes, cromosomas, mutación, aneuploidía, poliploidía, duplicación, delección, traslocación, inversión, entrecruzamiento, ser vivo, reproducción, célula, reproducción asexual, variabilidad, reproducción sexual, material hereditario, herencia, heterocigótica, homocigótica, DNA, nucleótidos, nucleósido, RNA, ciclo celular, núcleo, interfase, mitosis, profase, huso mitótico, centrómeros, metafase, metacóros, microtúbulos, anafase, cromátida, telofase, ácidos nucleicos, energía, coenzimas, gameto, alelos, recesivo, genotipo, fenotipos, duplicación, envoltura nuclear.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro (Ej: célula)	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: reproducción)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica (Ej: preg. 4) (la lleva a confundir anabolismo y catabolismo)	Organización autónoma (Ej: aparato de Golgi)	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso (no se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento (no interpreta)	Pobres	Pobres	Pobres	Elaboradas (Ej: 1º párrafo de la preg. 6; ¿toda la pregunta!)	Pobres (Ej: preg. 5)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Nieves

CURSO: COU A

FECHA: 23-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Núcleo, membrana nuclear, membrana celular, citoplasma, orgánulos, mitocondria, ribosoma. • 2º dibujo: esquema tipo mapa conceptual.	Membrana plasmática, citoplasma, vacuola, membrana nuclear, ribosomas, retículo endoplasmático, núcleo, nucleolo, mitocondria, centrosoma, lisosomas, aparato de Golgi. • no hay 2º dibujo; sólo texto • ¡ojo! Hay una gran diferencia con respecto a octubre.	Citoplasma, mitocondria, vacuola, aparato de Golgi, lisosomas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, núcleo, nucleolo, membrana nuclear, retículo endoplasmático liso, citoplasma, centrosoma, centriolos, proteínas, membrana celular.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡y ni eso!)	De libro	Elaboración personal (Ej: dibujo de la membrana)
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (muy pobre en el 3º dibujo) • 2º dibujo: esquema tipo mapa conceptual.	Identificación	Identificación
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estaticos	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Nieves

CURSO: COU A

FECHA: 22/23-7-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Células, núcleo, citoplasma, membrana nuclear, membrana celular, orgánulos, vida, materia, organismo, energía, nutrientes, respiración celular, enzimas, funciones vitales, mitocondria, ribosoma, ADN, ARN, material genético, información, vegetales, cloroplastos, fotosíntesis.
Origen de la vida 18/11/96	Materia, energía, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, reacciones, enzima, ser vivo, genes transmisión, célula, herencia, vegetales, vida, agua, organismo, sales minerales, membrana citoplasmática, ósmosis, animales, turgencias.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones químicas, organismo, energía, entropía, membranas, cloroplasto, fotosíntesis, anaerobio, ATP, células, vegetales, respiración, materia, animales, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, glúcidos, glucólisis, hialoplasma, enzimas, ciclo de Krebs, matriz mitocondrial, agua, lípidos, monosacáridos, síntesis, degradación, estímulos, nutrientes.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Catabolismo, anabolismo, procariontes, eucariontes, célula, núcleo, membrana, citoplasma, plasma, orgánulos, célula vegetal, célula animal, principios inmediatos, lisosomas, ribosomas, plastos, mitocondrias, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, orgánicos, inorgánicos, glúcidos, lípidos, prótidos, agua, sales minerales, glucosa, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, fermentación láctica, alcoholica, fotosíntesis, fase fotoquímica, fase biosintética, glucógenogénesis.
ex. LÍP. 26/2/97	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, mitocondria, dictiosomas, vesículas, secreción, crestas mitocondriales, hialoplasma, ribosomas, célula, materia, funciones vitales, membrana citoplasmática, núcleo, orgánulos, eucariontes, procariontes, animales, vegetales, lípidos, catabolismo, citosol, reacciones, enzimas, β -oxidación, matriz mitocondrial, membrana mitocondrial, ciclo de Krebs, proteínas, permeabilidad, vida, ácidos grasos, autosellado, autoensamblaje, fluidez, impermeabilidad, procesos metabólicos, glucosidación, transporte, organismo.
ex. PROT. 14/3/97	Organismo, células, energía, antígeno, anticuerpos, sistema inmunitario, proteínas, endomembranas, membrana plasmática, retículo, enzimas, holoproteínas, cofactor, reacciones, metabolismo, holoenzimas, apoenzima, grupo prostético, coenzima, catálisis, transcripción, ADN, ARN mensajero, información, código genético, traducción, citosol, ribosomas, aminoácido, nucleótidos, codón, anticodón, ARN transferente, inmunidad, herencia, vida, linfocitos, desnaturalización, ser vivo, inhibidores, plantas, animales, fagocitosis, degradación, síntesis.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Célula, núcleo, citoplasma, membrana, hialoplasma, orgánulos, lípidos, proteínas, ADN, metabolismo, aparato de Golgi, mitocondria, plastos, ribosomas, código genético.
ex. AN. 12/5/97	Vida, genes, cromosomas, mutación, aneuploidía, poliploidía, duplicación, delección, traslocación, inversión, entrecruzamiento, ser vivo, reproducción, célula, reproducción asexual, variabilidad, reproducción sexual, material hereditario, herencia, heterocigótica, homocigótica, DNA, nucleótidos, nucleósido, RNA, ciclo celular, núcleo, interfase, mitosis, profase, huso mitótico, centrómeros, metafase, cinetócoros, microtúbulos, anafase, cromátida, telofase, ácidos nucleicos, energía, coenzimas, gameto, alelos, recesivo, genotipo, fenotipos, duplicación, envoltura nuclear.
Símil de la fábrica 12/5/97	Membrana, célula, transporte, proteínas, procesos metabólicos, núcleo, información, ribosomas, membrana nuclear, citoplasma, síntesis de proteínas, ARN mensajero, ARN transferente, ARN ribosómico, aminoácidos, retículo endoplasmático, mitocondria, energía, vida, lisosomas, vacuolas, retículo endoplasmático liso, desecho.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Citoplasma, mitocondria, vacuola, aparato de Golgi, lisosomas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, núcleo, nucleolo, membrana nuclear, retículo endoplasmático liso, citoplasma, centrosoma, centriolos, proteínas, membrana celular.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Célula, núcleo, membrana, ADN, mitosis, meiosis, nucleolo, orgánulos, celular, nuclear, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, lisosomas, ribosomas, vacuola, material genético, diploides, haploides, proteínas, lípidos, glúcidos, cromosomas, reproducción, nutrición, relación, catabolismo, anabolismo, ATP, metabolismo.
Cuestionario final 28/5/97	Célula, vida, orgánulos, membrana plasmática, retículo endoplasmático, ribosomas, membrana nuclear, vacuola, citoplasma, aparato de Golgi, lisosomas, centrosoma, mitocondria, núcleo, nucleolo, organismo, procesos metabólicos, energía, ATP, información, animal, vegetal, cloroplastos, pared celular, procarionte, nutrientes.
Entrevista. 5/6/97	Células, ser vivo, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, metabolismo, catabolismo, anabolismo, principios inmediatos inorgánicos, ribosomas, membrana, traducción, orgánulos, meiosis, mitosis, plantas, animales, organismos, cloroplasto, grana, citoplasma, información, núcleo.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMS. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, citoplasma, membrana nuclear, orgánulos, mitocondria, ribosoma, cloroplastos.	Membrana citoplasmática.	Membranas, cloroplasto, hialoplasma, matriz, mitocondrial.	Núcleo, membrana, citoplasma, plasma, orgánulos, lisosomas, ribosomas, plastos, mitocondrias, retículo endoplasmático, aparato de Golgi.	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, mitocondria, dictiosomas, vesículas, crestas mitocondriales, hialoplasma, ribosomas, membrana citoplasmática, núcleo, orgánulos, citosol, matriz mitocondrial, membrana mitocondrial.	Endomembranas, membrana plasmática, retículo, citosol, ribosomas.	Núcleo, citoplasma, membrana, hialoplasma, orgánulos, aparato de Golgi, mitocondria, plastos, ribosomas.	Cromosomas, núcleo, huso mitótico, centrómero, cinetócoros, microtúbulos, envoltura nuclear.	Membrana, núcleo, ribosomas, membrana nuclear, citoplasma, retículo endoplasmático, mitocondria, lisosomas, vacuolas, retículo endoplasmático liso.	Citoplasma, mitocondria, vacuola, aparato de Golgi, lisosomas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, núcleo, nucleolo, membrana nuclear, retículo endoplasmático liso, citoplasma, centrosoma, membrana celular.	Núcleo, membrana, nucleolo, orgánulos, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, lisosomas, vacuola, cromosomas.	Orgánulos, membrana plasmática, retículo endoplasmático, ribosomas, membrana nuclear, vacuola, citoplasma, aparato de Golgi, lisosomas, centrosoma, mitocondria, núcleo, nucleolo, cloroplastos, pared celular.	Ribosomas, membrana, orgánulos, cloroplasto, grana, citoplasma, núcleo.	AG6,ctr11,centrómero1,crtsoma2,cinetócor1,ctpl7,ctsl2,clpt5,crmit1,crma2,dictiosoma1,ennucl1,grana1,hlp13,husomit1,liss5,matrizmit1,mmbr12,mmbrcce11,mmbrcitop12,mmbrrmit1,mmbrrnucl4,mmbrrplasm2,microtúb1,mitc9,núcl10,nuclo3,org7,paredcel1,REL2,RER2,rib10,vescl1.
Moléculas	Nutrientes, enzimas, ADN, ARN, material genético.	Aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, enzima, genes, agua, sales minerales.	ATP, glúcidos, enzimas, agua, lípidos, monosacáridos, nutrientes.	Principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, agua, sales minerales, glucosa.	Lípidos, enzimas, proteínas, ácidos grasos.	Proteínas, enzimas, holoproteínas, cofactor, holoenzimas, apoenzima, grupo prostético, coenzima, ADN, ARNm, aminoácido, codon, anticodon, ARNt, inhibidores.	Lípidos, proteínas, ADN.	Genes, material hereditario, DNA, nucleótidos, nucleósido, RNA, cromátida, ácidos nucleicos, coenzimas.	Proteínas, ARNm, ARNt, ARNr, aminoácidos.	Proteínas.	ADN, material genético, proteínas, lípidos, glúcidos, ATP.	ATP, nutrientes.	Principios inmediatos.	Acgr1,AN2,ADN4,agua3,aa2,apoenz1,AN6,ATP3,codon1,coenz2,cofactor1,cromát1,enz6,gen4,glúc3,holoprot1,inhibidor1,líp5,monosac1,nucleósido1,nucleótido1,nutriente3,PI2,prot7,sm2.
PROCESOS Mts.	Respiración celular, fotosíntesis.	-	Fotosíntesis, anaerobio, respiración, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, ciclo de Krebs, síntesis, degradación.	Catabolismo, anabolismo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, fermentación láctica, fotosíntesis, glucógenogé	Secreción, catabolismo, β-oxidación, ciclo de Krebs, procesos metabólicos, glucosidación.	Metabolismo, catálisis, transcripción, traducción, degradación, síntesis.	Metabolismo	Duplicación.	Procesos metabólicos., síntesis de proteínas, desecho.	-	Catabolismo, anabolismo, metabolismo.	Procesos metabólicos.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, traducción.	Anb3,anaerb1,autóf1,cadresp1,catálisis1,cKrebs3,desecho1,duplic1,fermet1,ffoxd1,fts3,glucógenogen1,glucólisis2,glucosidación1,heteróf1,mtb4,resp2,respcel1,secre

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
				nesis.										c1,síntesis5,s prot1,traduc2 .
Otros	Funciones vitales.	Ósmosis.	-	-	Funciones vitales, transporte.	Fagocitosis.	-	Mutación, aneuploidía, poliploidía, duplicación, delección, traslocación, inversión, entrecruzamiento, reproducción , reproducción sexual, reproducción asexual, ciclo celular, mitosis, profase, metafase, anafase, telofase.	Transporte.	-	Mitosis, meiosis, diploides, haploides, reproducción , nutrición, relación.	-	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción , mitosis, meiosis.	Anaf1,aneuploidía1,delección1,diploide1,duplic1,euploidía1,fagocit1,funciones3, FV3,haploides1,inversión1,meiosis2,metaf1,mitosis3,nut2,ósmosis1,prof1,rel2,rep3,rseasex1,rsex1,telof1,transporte2 ,
CONCEPs GRALES:	Células, vida, materia, organismo, energía, información, vegetales.	Materia, energía, reacciones, ser vivo, transmisión, célula, herencia, vegetales, vida, organismo, animales.	Reacciones químicas, organismo, energía, entropía, células, vegetales, materia, animales, estímulos.	Procariotas, eucariotas, célula, vegetal, animal.	Célula, materia, eucariotas, procariotas, vegetales, animales, vida, organismo.	Organismo, células, energía, reacciones, información, herencia, vida, ser vivo, plantas, animales.	Célula.	Vida, ser vivo, célula, variabilidad, herencia, energía.	Célula, información, energía, vida.	-	Célula.	Célula, vida, organismo, energía, información, animal, vegetal, procariota.	Células, ser vivo, plantas, animales, organismos, información.	Ani7,célula12,energía7,entropía1,estímulo1,euct2,herencia3,información5,materia4,organismo7,planta2,procat3,react4,react1,svv4, vgt6,vida7.
OTROS CONCEPs	-	Turgencias.	-	Fase fotoquímica, fase biosintética.	Permeabilidad, autosellado, auntoensamblaje, fluidez, impermeabilidad.	Antígeno, anticuerpos, sistema inmunitario, código genético, linfocitos, desnaturalización.	Código genético.	Heterocigótica, homocigótica , interfase, gametos, alelos, recesivo, genotipo, fenotipos.	-	-	-	-	-	Anticuerpo1, antígeno1,autosell1,cód2,códgen2,fenotipo1,fluidez1,gameto1,genotipo1,impermeabilidad1, interfase1,linfocito1,permeabilidad1,sistinmn1,turgencial.
MODELO	A	A	B	B	B	C	C	B	A	A	B	C	B	B

Nieves maneja desde el comienzo de curso una representación de célula básicamente estructural en la que identifica bastantes elementos constituyentes, fundamentalmente organulares aunque también usa algunos elementos moleculares, pero a pesar de ello, no los reconoce ultraestructuralmente, es decir, utiliza los conceptos que los definen pero no conoce su forma, su estructura, su función. En términos funcionales hace referencia a las funciones vitales sin explicitarlas, así como a la respiración celular y a la fotosíntesis como procesos pero no explica nada de los mismos, sólo citándolos. Su célula es una entidad que en ningún caso podría justificar su peculiaridad de estructura viva, es una entidad que Nieves explica con dificultad haciendo uso de frases sueltas que no tienen hilo conductor, que no responden a un discurso estructurado y que tienen mucho de repetición mecánica de la información que hasta el momento ha manejado. Con esa representación, con ese modelo sólo estructural, lógicamente, tiene dificultades para establecer inferencias y deducciones válidas, coherentes y biológicamente aceptables relativas a la estructura y al funcionamiento de la célula como un todo, para razonar con la célula y acerca de la célula ya que sólo puede pensar en elementos estructurales. Algunas de las respuestas emitidas en el cuestionario inicial (22-10-96) dan pie para esta interpretación; un ejemplo es el siguiente:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

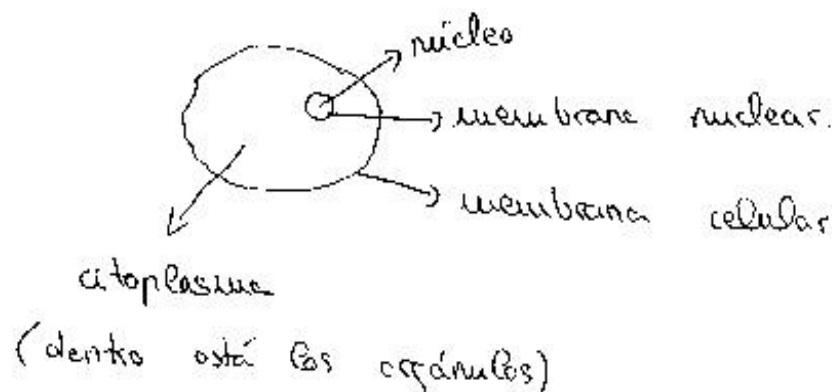
"Para ser una célula tiene que tener un núcleo y un citoplasma y poder realizar las funciones vitales.

Para ser físicamente una célula lo esencial es que tenga núcleo y citoplasma. La membrana puede no estar presente.

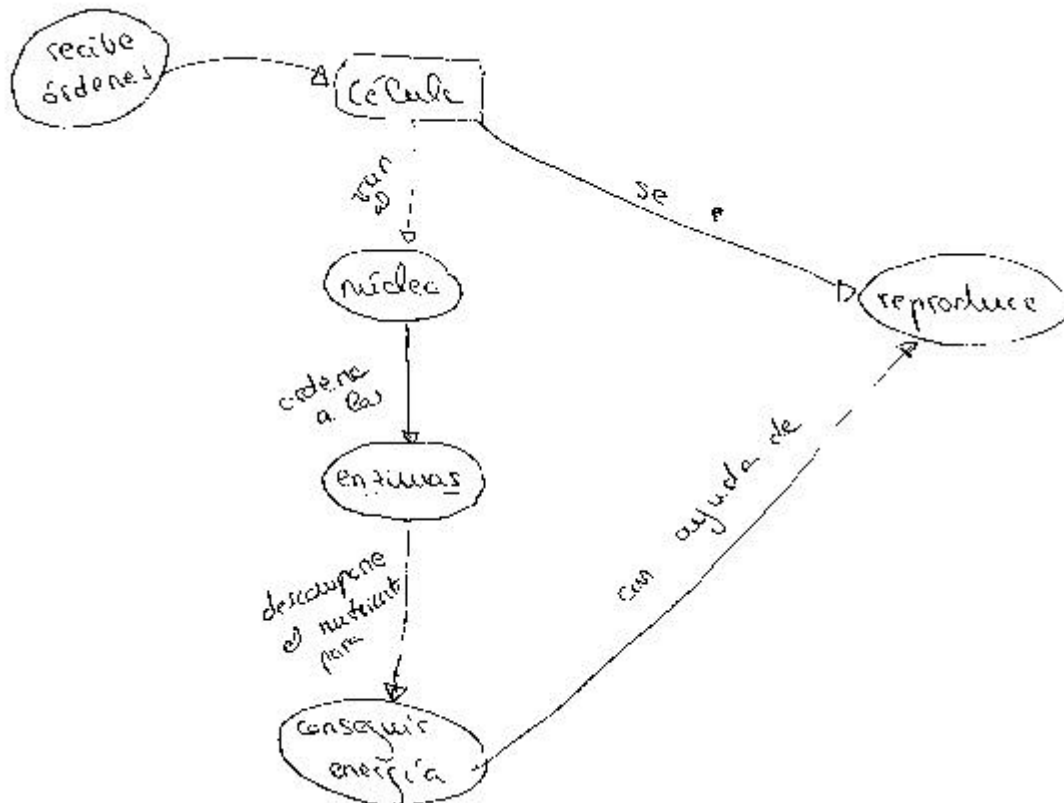
Para funcionar como una célula tiene que tener los orgánulos suficientes que realicen las funciones vitales".

Es una célula la suya efectivamente muy pobre, muy poco explicativa y muy poco predictiva, como acabamos de ver, muy limitada; esa representación apenas permite plasmar la simple imagen de "huevo frito" que se presenta a continuación, en respuesta a lo siguiente:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?



Con ese simple "huevo frito" como representación de lo que es la entidad célula, lógicamente dibujar su funcionamiento es una demanda casi inalcanzable; ante ella, Nieves construye lo siguiente:



Su "imaginabilidad", su capacidad de visualizar, como se ve, es limitada no sólo en el terreno funcional en el que casi ni piensa, sino también en lo que se refiere a elementos estructurales que aunque los nombre, no los usa en sus representaciones o, cuanto menos, en cómo las externaliza.

Ante el examen de Origen de la Vida (18-11-96) Nieves parece construir un modelo similar al expuesto; usa muy pocos conceptos relativos a orgánulos, algunos que hacen referencia a moléculas constituyentes de la célula y el único concepto relativo a comportamiento celular que utiliza es ósmosis. Utiliza frases librescas que repite mecánicamente, si bien articula su discurso con coherencia y corrección. Sus deducciones e inferencias en este examen son muy pobres, evidenciando una capacidad predictiva bastante limitada en el modelo que ha construido para hacerle frente a la tarea. Ante la explicación de célula que se le demanda, contesta lo siguiente:

"Es la unidad mínima que posee vida propia. Es decir, es la unidad elemental de todo ser vivo (todo ser vivo está compuesto por ellas), es capaz de mantenerse con vida por sí sola y toda célula procede de otra preexistente".

Lo anterior es, como vemos, un ejemplo claro de ese bajo grado de elaboración autónoma que se comentaba, de ese limitado poder explicativo que, de momento, tiene Nieves como consecuencia del modelo que ha construido.

En el examen de Glúcidos (9-12-96), si bien mantiene el uso de un lenguaje libresco y la utilización repetitiva de la información, parece que empieza a pensar en la célula en otros términos, de otra manera; este ejercicio incluye gran cantidad de conceptos referidos al metabolismo energético que es lo que, en definitiva, define el comportamiento celular como estructura dinámica, viva. Nieves hace uso en esta ocasión de abundantes conceptos organulares y moleculares y, también, de muchos metabólicos, conceptos, éstos últimos, que pretende entender al amparo de otros

conceptos generales que los justifican como, por ejemplo, energía, entropía, etc. Ciertamente es que esos conceptos metabólicos de los que echa mano y que usa en abundancia son producto, como ya se comentó, de repetición mecánica y cierto es, también, que en términos generales, no los relaciona con las estructuras en las que se producen, es decir, que no establece en su modelo conexiones, pero, de igual modo, es cierto que, cuanto menos, ahora piensa en un doble nivel cuando hace uso de la célula, cuando la representa mentalmente, un doble nivel que, precisamente por eso, por no constituir un modo global, un esquema único de la misma entidad, la lleva a cometer errores como los que se detectan con los conceptos de catabolismo y anabolismo. Veamos qué responde a cuestiones que requieren razonamiento y observemos que, efectivamente, piensa sólo en fisiología y no hace descansar ésta en ninguna estructura celular.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *Porque un organismo anaerobio facultativo puede utilizar tanto la vía fermentativa como la aeróbica y mientras hay oxígeno en el medio le es más rentable utilizar la aeróbica ya que obtiene 38 ATP y de la otra forma obtendría sólo 2 ATP.*
- *No se puede afirmar, ya que mediante la fotosíntesis las células vegetales utilizan H₂O, CO₂, ... y desprenden O₂ y obtienen moléculas orgánicas que es lo que necesitan por lo que la respiración de las células vegetales consta de, al final, obtener materia orgánica. En cambio las células animales respiran obteniendo ATP. Pero en ambas se produce lo necesario para sobrevivir por lo que las dos respiran.*
- *No se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ya que se trata del mismo.*
- *Una célula no podría existir sin la existencia de glúcidos ya que aun siendo vegetal los sintetiza porque son necesarios para la obtención de energía. Aunque las células animales no los sintetizan utilizan la materia orgánica de los vegetales, los cuales ya tienen un contenido de glúcidos en sus células.*

¿Y sus inferencias y deducciones? Decíamos que cuanto menos existían si bien son limitadas, pobres, producto de un modelo poco predictivo. Un ejemplo es el siguiente:

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

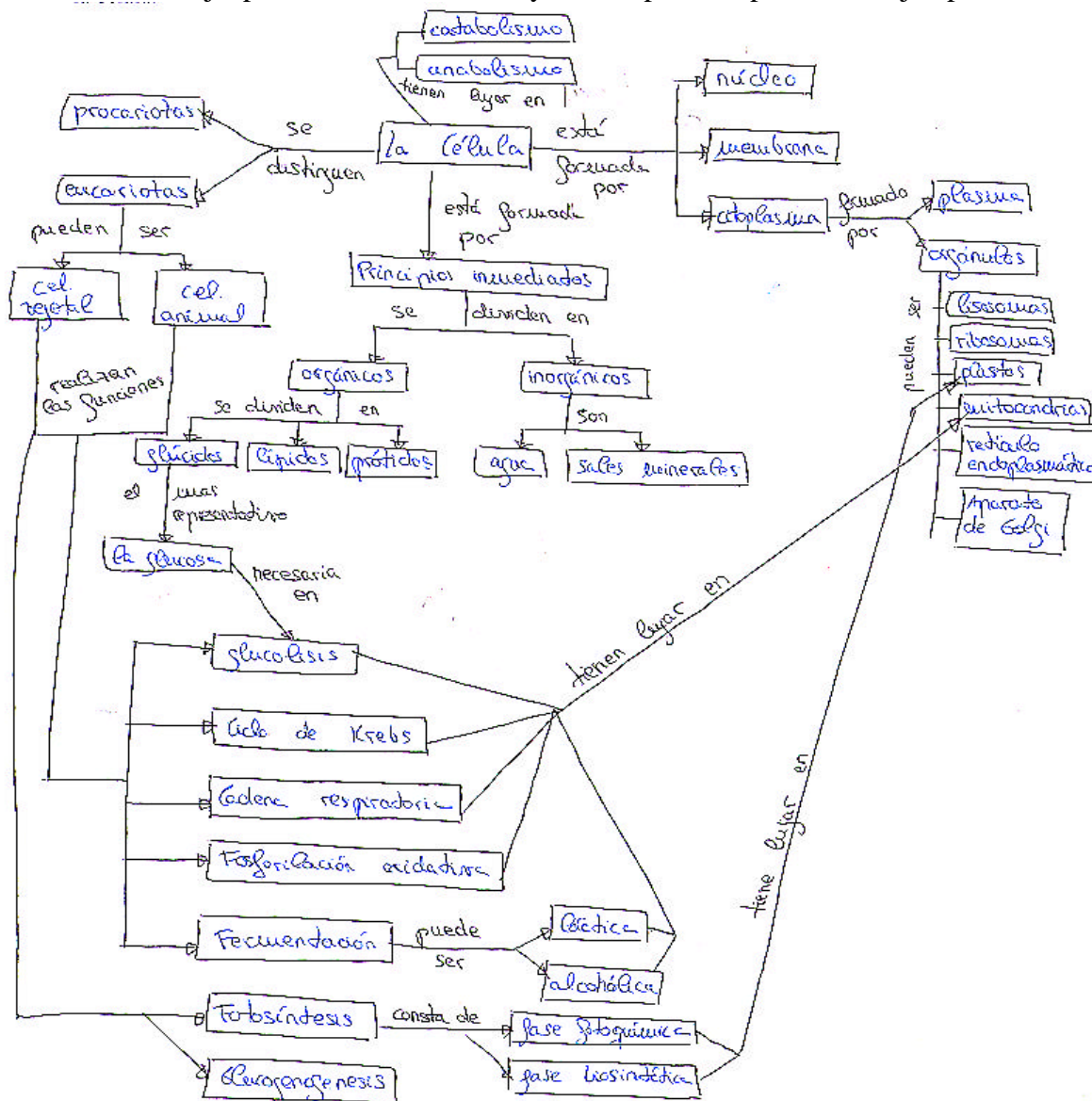
"Las mujeres en esa fase pierden gran cantidad de contenido de glúcidos por lo que necesitan un aumento de su consumo.

Cuando una mujer está en la fase de ovulación el organismo reacciona activando mecanismos que regulen la pérdida de materia y energía. Uno de estos mecanismos puede ser la activación de estímulos hacia los alimentos dulces (glúcidos en su mayoría).

Esto se podría comprobar haciendo análisis del contenido en glúcidos de una mujer antes de encontrarse en la fase de ovulación y del contenido al encontrarse en la fase. La dieta de la mujer debe ser la misma en las dos fases para poder ver la variación.

También se podría comprobar mediante la observación de grupos numerosos de mujeres analizando sus apetencias en un determinado periodo de tiempo y contrastarlas con la fase en que se encuentra".

Hacer un mapa conceptual no es una tarea fácil, supone un alto grado de abstracción que obliga a pensar y a reestructurar las ideas, que refleja las relaciones e interacciones que el individuo establece entre los conceptos que selecciona y que, por lo tanto, nos permite interpretar la forma según la cual opera cognitivamente. Es, pues, un buen instrumento para analizar cómo se procesa la información que se recibe y cómo se trabaja con ella. El primero que se le solicita a Nieves (9-1-97) es un buen ejemplo de lo que parece ser su modelo mental de la célula pues plasma en una primera parte algunos conceptos generales relativos básicamente a tipos celulares (en los que, por otra parte, manifiesta algunos errores y ausencias importantes a través de nexos que expliquen) y, a continuación, dos grandes bloques marcadamente delimitados: uno que se refiere a procesos metabólicos y otro a orgánulos entre los cuales establece una simple conexión de ubicación que además contiene errores. Su modelo no es un modelo global, no integra distintos aspectos y niveles hasta el extremo de que, por ejemplo, explicita los principios inmediatos pero no deben ser éstos los que constituyen las propias estructuras celulares. Trabaja, pues, en un doble nivel y este mapa conceptual es un ejemplo de ello.



En todo caso, es evidente que Nieves está generando un modelo de célula a medida que avanza el curso que va evolucionando progresivamente y que ya es muy distinto a aquel con el que lo comenzó que sólo atendía a su estructura. Ahora piensa en

una entidad real que consta de unos elementos determinados y que tiene un comportamiento característico, lo que ocurre es que estas dos vertientes, aunque intenta integrarlas, las piensa por separado. Esta evolución de la que se hablaba se observa, por ejemplo, en sus producciones escritas, producciones que ya no responden a un lenguaje libresco producto de frases hechas, sino que es personal, como personal y autónomo es también el uso que hace de la información. Está generando, está construyendo un modelo más explicativo, un modelo que le permite usar y aplicar coherentemente los conceptos que incorpora, conceptos que selecciona tanto relativos a elementos estructurales como funcionales. De hecho, desde que en el examen de Glúcidos comenzara a usar con profusión conceptos metabólicos y referidos a comportamiento celular, que para Nieves fueron completamente nuevos, parece haberlos ido incorporando, construyendo con ellos esa otra vertiente, ese otro aspecto que define el carácter vivo de una célula que para ella no parecía contemplar en un principio. De cualquier manera, se trata de la incorporación a su representación de lo que son los aspectos dinámicos pero ya vimos que lo hace manteniendo éstos separados en su forma de pensar de los que dan cuenta de su estructura, como ya se ha mostrado en el mapa conceptual que se presentó. Sigue siendo un modelo poco explicativo que la lleva a explicar célula en el examen de Lípidos (26-2-97) como sigue:

"La célula es la unidad fundamental componente de la materia viva capacitada de realizar las funciones vitales por sí sola.

La célula está formada por membrana, citoplasma y núcleo. En el citoplasma se encuentran diversidad de orgánulos encargados de desempeñar funciones específicas.

Las células se dividen en eucariotas y procariotas. A su vez las eucariotas pueden ser animales o vegetales".

Y es también un modelo poco predictivo que la lleva, ¡también! y por las mismas razones, a establecer inferencias y deducciones con dificultad ya que al operar mentalmente con dos esquemas, uno estructural y otro funcional, le resulta difícil establecer conexiones lógicas y válidas entre los mismos. Nieves, de todos modos, genera cierta posibilidad de conexión, es capaz de inferir y de deducir, poco pero lo hace, como muestra su respuesta a una pregunta que formalmente demanda y opera con contenido relativo a procedimientos (desde el punto de vista de las categorías del contenido).

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen "liposomas". Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

"Los lípidos pueden rejuvenecer la piel ya que le aportan a la membrana los componentes que va perdiendo con el paso del tiempo, Tanto las cremas que contienen liposomas como las que contienen ceramidas se componen de lípidos. Estas cremas al ponerlas en contacto con la piel hace(n) que los lípidos que contenían pasen a formar parte de la membrana de las células. Al aumentar la composición de lípidos de la membrana el carácter fluido que éstos le aportan aumenta con lo que la piel adquiere un aspecto hidratado.

Para comprobar mi hipótesis podemos tratar a una persona durante un tiempo determinado aplicándole productos con cantidades elevadas de lípidos en su cara. Con el paso del tiempo veremos que la piel está hidratada(;) sin embargo cuando hacemos lo contrario, es decir, la misma persona es sometida a un tratamiento con productos que no contengan lípidos se apreciará que la piel está seca.

Esta actividad tiene que ser realizada en la misma persona para que las cantidades de los componentes iniciales de sus membranas celulares sean las mismas.

Otra actividad sería analizar los componentes celulares que forman el tejido que recubre una parte del cuerpo y hacer un segundo análisis después de un cierto tiempo de aplicar estos productos.

Esta actividad tiene semejanza a la aplicada anteriormente pero ahora utilizamos análisis químicos no sólo el aspecto exterior".

Recordemos que Nieves empezaba el curso manejando una representación de célula muy limitada que sólo daba cuenta de su estructura y que progresivamente ha ido avanzando, ha ido enriqueciendo, incorporándole a la misma una forma concreta de funcionar, un comportamiento característico; lo ha hecho hasta este momento, como acabamos de ver, construyendo un modelo dual de célula, una forma de representarla en su mente que responde a dos esquemas: uno estructural y otro funcional entre los cuales establece pocas interrelaciones y que, en consecuencia, la dota de un poder predictivo limitado pues le resulta difícil plantear y desarrollar inferencias y deducciones válidas, consistentes, biológicas, y un poder explicativo también limitado en la medida en que, valga la redundancia, la limita en sus explicaciones, le deja lagunas y, en algunos casos, hasta errores, como los expresados, por ejemplo, en lo relativo a metabolismo. Pero ese modelo sigue evolucionando, Nieves sigue enfrentándose a la célula como entidad y sigue necesiéndola para resolver dudas y problemas que se le presentan como tarea, sigue construyendo, por lo tanto, una representación de la misma, un análogo estructural que actúe como intermediario entre ella misma y la entidad célula real que requiere el problema o la situación en cuestión. Y Nieves ya ha puesto de manifiesto, cuanto menos así se interpreta del análisis de sus producciones, su interés por comprender esa entidad tan compleja, sus intentos por generar un modelo global, integrado, de la misma, y es eso, precisamente, lo que parece construir cuando hace el examen de Proteínas (14-3-97), un examen en el que su lenguaje, su discurso, su uso de la información son elaborados, personales, autónomos; y como consecuencia de ello, como consecuencia de un modelo global, integrado, es capaz de establecer inferencias y deducciones coherentes, elaboradas, razonadas, interrelacionadas, que suponen, en definitiva, la comprensión de esa compleja entidad que se llama célula. Veamos como ejemplo lo que responde esta estudiante ante una pregunta típica de procedimientos.

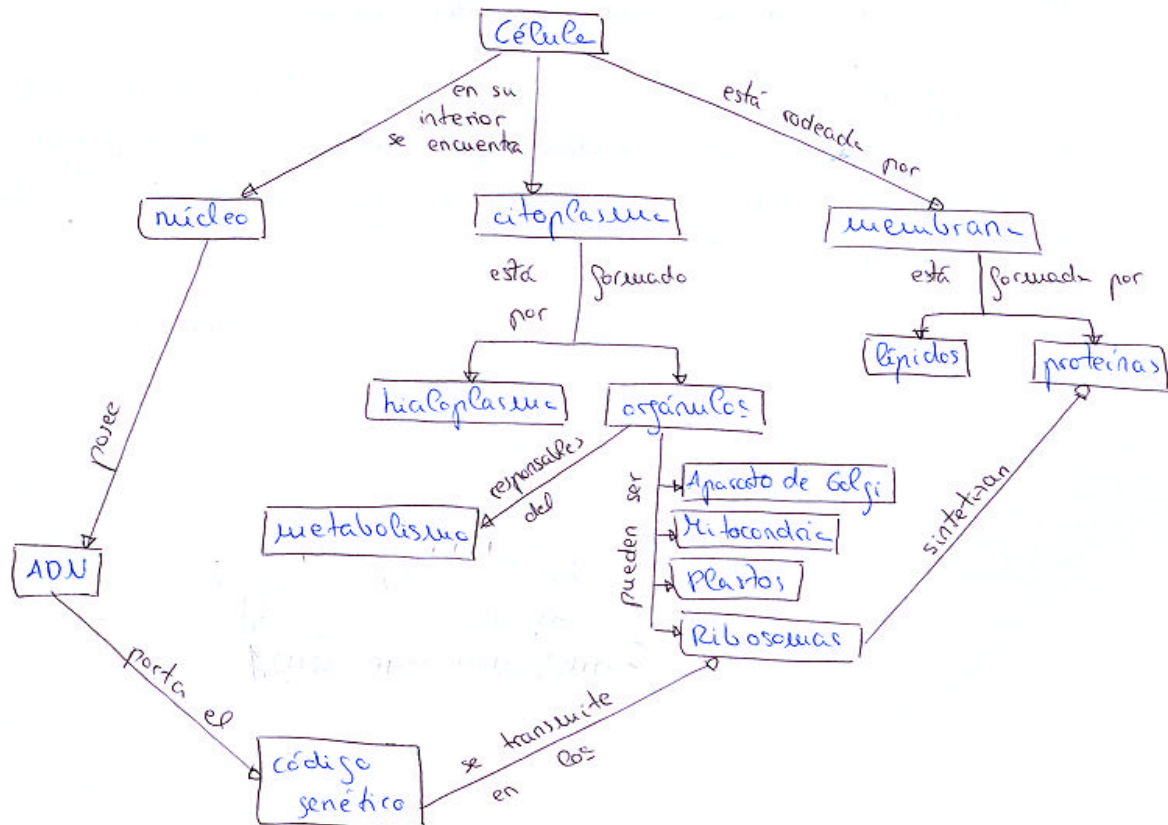
- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

"Al comunicarle "Roundup" a las plantas no pueden realizar la síntesis de aminoácidos aromáticos ya que al actuar como inhibidores de la enzima responsable de esta síntesis impiden su acción. Al no poder sintetizar estos aminoácidos esenciales se producirá su muerte. Esto tendrá lugar tanto en las malas hierbas como en todas las demás ya que el inhibidor actúa sobre ese enzima determinado.

Este efecto o proceso puede alterar también a los animales aunque no digieran o incorporen directamente este inhibidor, ya que si se destruyen estas plantas no se produce la síntesis de aminoácidos que son esenciales para los animales, pues tienen que ser incorporados en la dieta. Esto provocará graves consecuencias tanto para las plantas que se mueren porque no pueden sintetizar los aminoácidos que constituyen sus estructuras y llevan a cabo diversidad de funciones en el metabolismo celular como para los animales

que tienen que incorporarlas a la dieta por los mismos motivos y no son capaces de sintetizarlos".

Ese mismo modelo global, integrado, elaborado, explicativo y predictivo es el que parece generar Nieves cuando se le demanda nuevamente un mapa conceptual (1-4-97). En esta ocasión se limita el número de conceptos a quince; llama la atención que sitúa metabolismo al mismo nivel de los diferentes orgánulos, lo que se interpreta como la asignación de la misma importancia a ambas vertientes o aspectos que, además, están conectados entre sí. Y, lo que es más importante, Nieves advierte que hay algo más, algo que regula y controla toda esa estructura y todo ese funcionamiento y que actúa como causa de todo ello a través del código genético; ¿es esto causalidad de su modelo?



Sus producciones posteriores siguen manteniendo el mismo esquema, la misma tónica, si bien es cierto que vuelve a presentar dificultades para establecer inferencias, para razonar en términos biológicos, para delimitar las causas y las consecuencias tanto funcionales como estructurales, así como entre ellas recíprocamente. Eso es lo que se observa en el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97); su modelo ante esta situación vuelve a ser muy poco explicativo y muy poco predictivo. Un ejemplo es la respuesta que da a la pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos?. Razona la respuesta.

que es extremadamente breve y pobre y que no responde al papel que estas moléculas ejercen en la célula; no rescata la información que ya ha trabajado, no la recupera, no revisa lo que ya sabe para aplicarlo ante esta demanda y no reconcilia todo ese bagaje, no establece causalidad.

"Los ácidos nucleicos además de formar el ADN y ARN responsables de la herencia, son importantes transportadores de energía (ATP, ADP, GTP, GDP, ...) y también coenzimas NAD, FAD".

Con este modelo que ha construido, como ya se expresó, sus inferencias y sus deducciones se limitan muchísimo; veamos un ejemplo en el que, incluso, observamos problemas de expresión.

- Un extraterrestre ha llegado a la Tierra y una de sus misiones es averiguar si en las rosas los caracteres se transmiten juntos o separados de generación en generación. Pero se le ha estropeado el programa de ordenador y él tiene muy poca idea de genética. Intenta ayudarlo tú.
 - Inventa una hipótesis, diseña las estrategias para contrastarla y comenta las conclusiones a las que crees que llegarías.
 - ¿Podemos asociar este problema con alguna de las leyes de Mendel ?. Razona la respuesta.

"Cojo dos caracteres de las rosas, por ejemplo el color y las espinas, es decir, una rosa roja con espinas la cruzo con una rosa blanca sin espinas.

Si hacer el cruce la conclusión sería que no se transmiten juntas ya que pueden haber rosas rojas sin espinas y viceversa, pero haciendo el experimento, obtengo: Partimos de rosas heterocigóticas para ambos caracteres".

Su respuesta continúa haciendo cruzamientos genéticos totalmente teóricos. Como vemos, ni siquiera responde explícitamente a lo que se le plantea, dejando incluso apartados sin contestar. ¿Pero qué es lo que está pasando en este momento del curso? Es el final del mismo y estos estudiantes tienen una saturación importante de exámenes, de contenidos, de clases. ¿Influye eso en el modelo que se construya? Parece ser que sí, pues ante una nueva demanda, como es la de interpretar el símil de la fábrica (13-5-97), su modelo es extraordinariamente limitado. Usa frases librescas, si bien articuladas en un discurso coherente, organizando la información de manera repetitiva y no hace ninguna referencia al dibujo, se diría que no lo interpreta sino que simplemente plasma un párrafo con lo que cree que es la célula, pero sin establecer inferencia alguna con respecto al dibujo. En todo caso, está claro que en dicha representación o, cuanto menos, en su forma de comunicarla, incorpora tanto elementos y aspectos estructurales como funcionales; su explicación incluye, además, algunos errores biológicos relativos a la función de los orgánulos y, en el fondo, expresa una fisiología celular que es suma de lo que hace cada uno de ellos. Veamos cómo lo expresa.

"La membrana regula el paso de sustancias tanto desde el exterior de la célula al interior como al revés. Este transporte a través de la membrana está regulado por mecanismo(s) en los que están relacionadas muy estrechamente las proteínas.

Una vez que las sustancias atraviesan la membrana son utilizadas en los distintos procesos metabólicos.

Todo proceso metabólico es dirigido por el núcleo ya que en él rec(s)ide toda la información necesaria para activar o detener cualquier proceso.

En los ribosomas, que pueden estar adosados a la membrana nuclear o bien libres en el citoplasma, se lleva a cabo la síntesis de proteínas. Este proceso sólo es posible porque anteriormente se han formado ARN mensajero, ARN transferente, ARN ribosómico ... en el núcleo que son los responsables de unir los aminoácidos y formar esas proteínas.

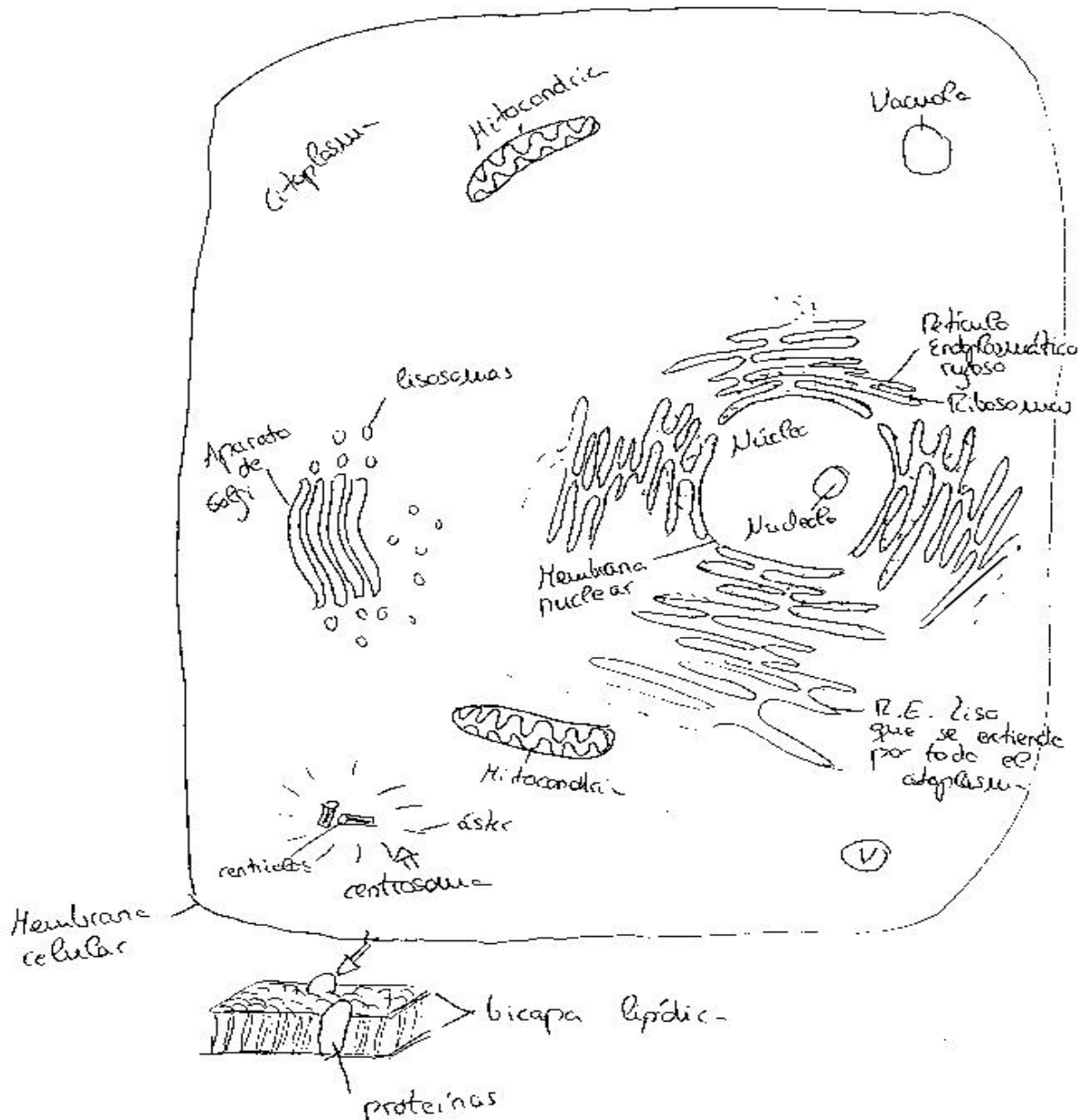
Las proteínas sintetizadas pueden formar parte del retículo endoplasmático o bien atravesar las membranas completamente pasando a su interior para ser transportada(s) por el interior de la célula. Por tanto las proteínas se transportan gracias al retículo endoplasmático liso por el citoplasma y pueden constituir almacenes en los que forman reservas energéticas.

La mitocondria es la responsable de aportar energía que es imprescindible para la vida celular.

Los lisosomas aportan sustancias que constituyen reservas utilizadas cuando la célula las requiere.

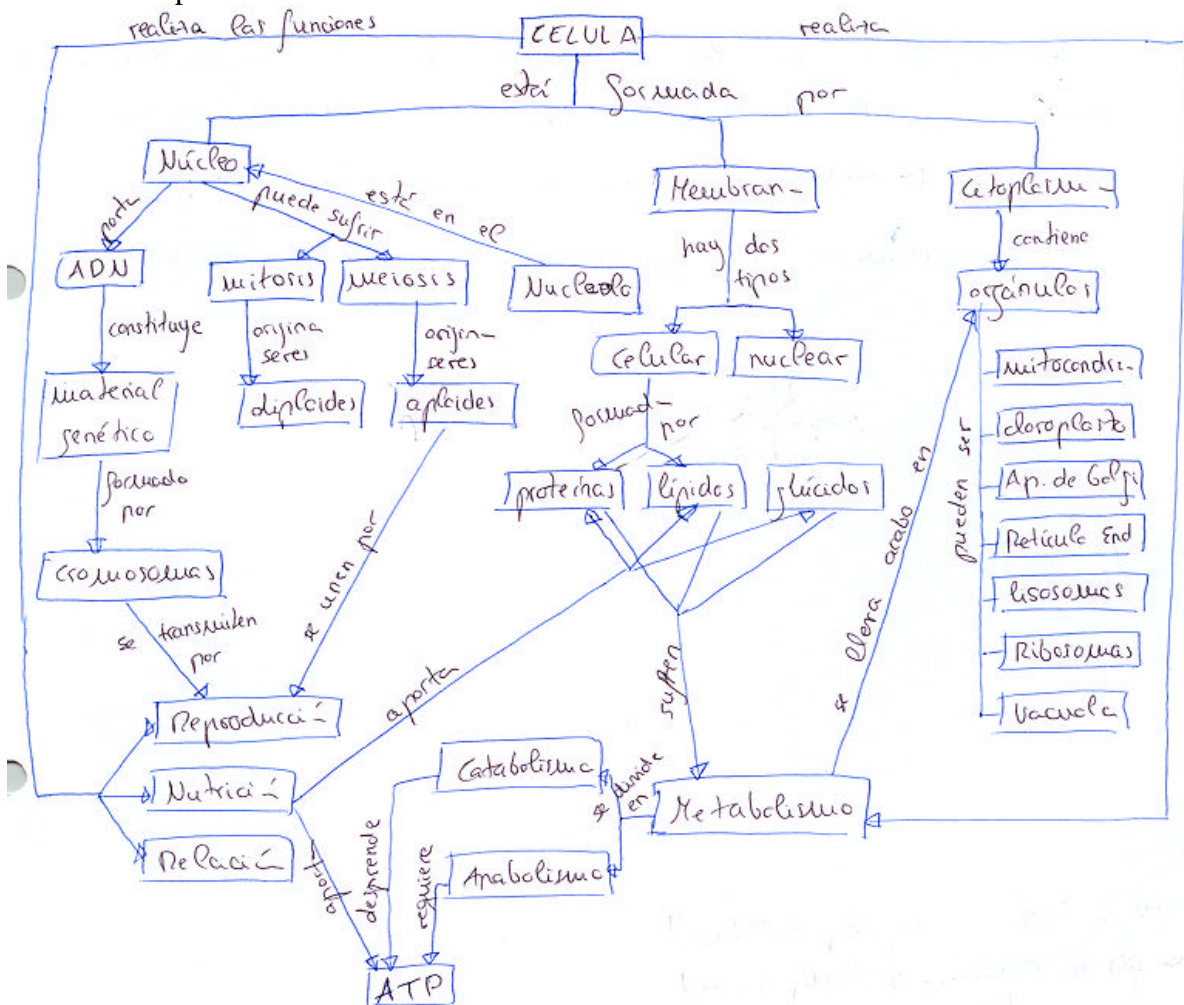
Las vacuolas contienen sustancias de desecho de la célula que serán excretadas al exterior".

Si analizamos el dibujo (19-5-97) que elabora para darle respuesta gráfica a la estructura y al funcionamiento de una célula, observamos un diseño prototípico de los libros de texto en el que Nieves identifica los elementos estructurales y delimita mínimamente su ultraestructura, pero no incorpora nada que dé a entender que esta "cosa", esta entidad es dinámica, viva, no señala nada que sea significativo al respecto o que dé indicios de cierto comportamiento. Sí que resulta curioso que hace una ampliación de la membrana como si de un zoom se tratara. En todo caso, su célula en este momento, ante esta tarea, no es más que una estructura, no tiene otra vertiente aunque se le haya demandado explícitamente en ambos sentidos.



Una somera visión al tercer mapa conceptual que elabora (21-5-97) deja evidente una clara separación entre los dos aspectos que hemos venido comentando, si bien establece alguna tímida conexión entre ambos. Los conceptos que ha seleccionado son adecuados y consistentes con el contenido trabajado y establece con ellos conexiones o relaciones que son explicativas; ello da lugar a proposiciones que son significativas

biológicamente y se supone que reflejo de la significatividad que ella les asigna. Pero jerarquiza muy débilmente y esto guarda relación con la explicación que hace del mismo que responde a ideas sueltas sin orden. A continuación se exponen tanto el mapa como su explicación.



"La energía necesaria para que la célula realice el metabolismo, y por tanto pueda llevar a cabo las distintas funciones vitales, la aporta el ATP. Esta energía proviene de la nutrición.

Los orgánulos son los responsables de los diferentes procesos que se llevan a cabo dentro de la célula, ya sea glucólisis, b-oxidación, fermentación, fotosíntesis, etc.

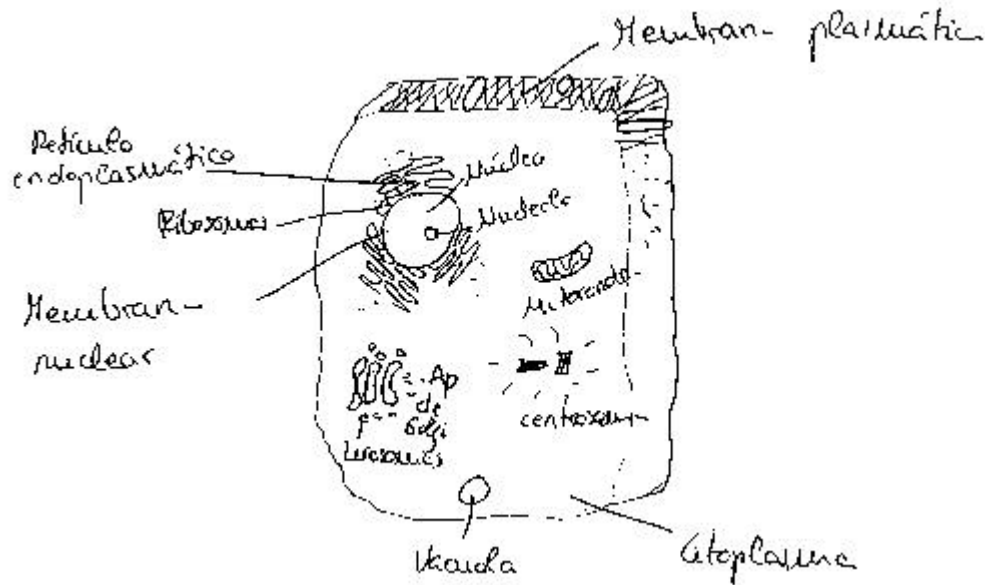
Los cromosomas que portan los caracteres heredables de los progenitores se transmiten a los descendientes por medio de la reproducción".

¿Con qué idea de célula se ha quedado Nieves en su mente? ¿Cómo opera ahora con ella? En el cuestionario final (29-5-97) parece generar una representación realmente explicativa y realmente predictiva a juzgar por cómo responde. A la pregunta:

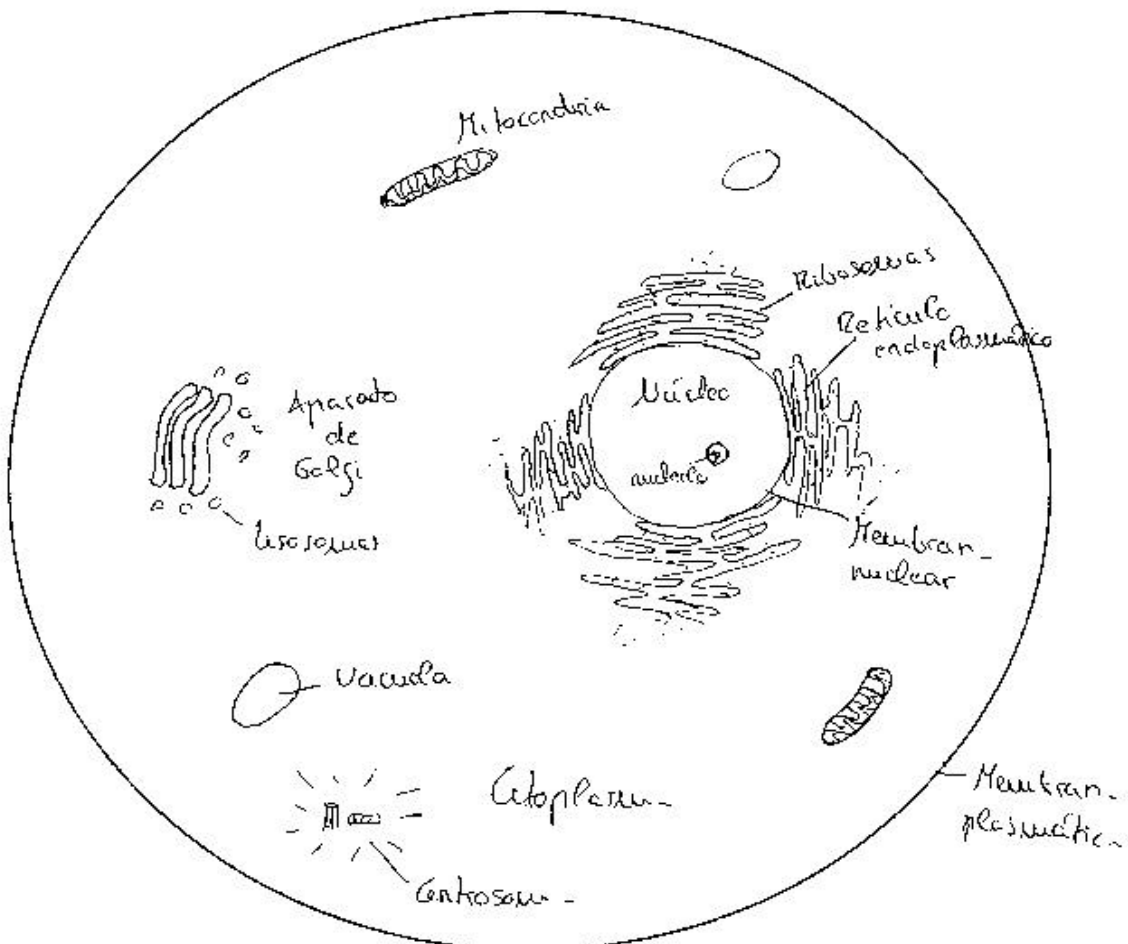
- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

contesta con un dibujo que es bastante diferente al que hiciera en el mes de octubre, lo que parece dar muestras de un cambio importante.

"La podemos representar con un dibujo sencillo donde se encuentran los orgánulos y estructuras que la constituyen. El dibujo estaría mejor representado si hiciéramos la célula en tres dimensiones".



Eso mismo se observa cuando se le pregunta qué pondría dentro de un círculo si éste representara una célula. Nieves señala elementos estructurales y añade un texto explicativo. Veamos lo que hace.



"Ésta sería la representación de una célula animal. Si fuera vegetal tendría que haber cloroplastos, las vacuolas serían mucho mayores, el centrosoma estaría incompleto y habría una pared celular alrededor de la misma. Si fuera procarionta no habría membrana nuclear ni existirían la mayoría de los orgánulos".

Como vemos, sólo habla de estructuras; ¿y qué pasa con su componente comportamental? Cuando se le pregunta:

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?

no plasma una imagen gráfica, no representa o visualiza de manera gráfica y recurre a texto, en donde parece encontrarse más cómoda, para explicar dicho funcionamiento.

"Para dibujar cómo funciona tenemos que plasmar o representar los orgánulos dentro de la célula y las relaciones que existen entre ellos, es decir, los procesos que realizan los diferentes orgánulos dentro de la célula están relacionados porque los productos de uno son los que entran en otro proceso. Esto lo podemos representar mediante flechas de un orgánulo a otro indicando el proceso que realizan y los productos resultantes".

¿Pero tiene una visión global de la célula? ¿Tiene un modelo único que le permita, por ejemplo, establecer relaciones causales? Veamos lo siguiente:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

"Para ser una célula tiene que estar constituida por una membrana, un citoplasma y un núcleo. Esto es para ser físicamente una célula.

Para funcionar como una célula tiene que realizar distintos procesos metabólicos, todos ellos regulados por la información contenida en su núcleo.

Haciendo todas las cosas anteriores es ya una célula".

Parece tener una visión, una idea clara de algo que guía todo lo que la célula es como entidad viva, una estructura y un modo de actuar; *"haciendo ... es ya una célula"*. Esto se corrobora con el siguiente texto que elabora en respuesta a cómo entiende el funcionamiento celular.

"La célula gracias a la energía que aportan los nutrientes a la misma lleva a cabo diferentes procesos metabólicos, ya sean anabólicos o catabólicos. Estos procesos los llevan a cabo los diferentes orgánulos. Todos estos procesos están controlados por la información que posee la célula en su núcleo. Cada orgánulo sabe cuál es el proceso que realiza, en qué momento, qué utiliza, etc, actuando la célula como una fábrica donde todos sus componentes están relacionados entre sí".

En la entrevista desarrollada al final de curso (5-6-97) es curioso observar que cuando se le pide que visualice distintos conceptos relativos a estructuras o a procesos celulares o relacionados con los mismos, Nieves refiere muchos de ellos a célula o a conceptos biológicos; en célula dice *"los dibujos de siempre"*, dibujos que para ella, como hemos ejemplificado, no son tan iguales a los del principio de curso. Esta alumna considera que su modelo ha variado porque ahora sabe lo que hace cada orgánulo y los relaciona entre ellos; antes ni siquiera los conocía. No es la primera vez que Nieves insiste, por ejemplo en el cuestionario final, en las relaciones e interacciones. Ella considera que tiene una imagen de célula -la típica- pero no una imagen de funcionamiento, teniendo que recurrir para esto último a explicaciones. Parece haber generado un modelo dual, un modelo que tiene un doble esquema: uno para dar cuenta de la estructura y otro que atiende a su funcionamiento y que en varias ocasiones ha querido integrar pero esa globalidad no parece haberla desarrollado; de hecho, considera un funcionamiento-suma, aunque insiste en las relaciones, un funcionamiento parcial

producto de un modelo que sólo es parcialmente explicativo y parcialmente predictivo y que la dota de una comprensión, también, parcial, como muestra el hecho de que no puede aplicar su modelo a la interpretación de la foto de microscopía electrónica. ¡Pero ese modelo ha variado!, comenzó siendo sólo estructural y ahora es dual, contempla un comportamiento parcial, pero característico sólo de la entidad para la que ha construido ese intermediario con el que hacerle frente a su comprensión. Veamos un fragmento de su diálogo.

Nieves : ahoraaa los orgánulos sé lo que hace cada uno, los relaciono entre todos, entre ellos ; antes es que tampoco los conocía a todos los orgánulos bien ... y ahora a la membrana le doy más valor que antes, también.

ML : a la membrana le das más valor que antes.

Nieves : sí, sí.

ML : entonces tú dirías que tienes un modelo distinto de célula.

Nieves : ¡mj !

ML : pero cuando hablamos de un modelo distinto de célula, ¿hablamos de un modelo en el que se tiene una imagen a la mente ?

Nieves : ¡mj ! sí.

ML : es, es una imagen, lo que tienes es una imagen.

Nieves : sí.

ML : ¿una imagen que puedes explicar o que no explicas ?

Nieves : sí, sí, como la célula con todos los orgánulos pero ahora ya las funciones es lo que ..., relacionando funciones entre orgánulos ...

ML : cuando hablamos de funcionamiento de la célula ¿tienes una imagen también en la mente en este momento ? Yo te pregunto : ¿como funciona la célula ? ¿tienes una imagen en la mente ?

Nieves : no

ML : entonces, ¿qué harías para contestarme a cómo funciona una célula ?

Nieves : te explicarías las funciones.

ML : me explicarías las funciones.

Nieves : sí.

ML : ... ¡aja ! me explicarías las funciones, pero no tienes una imagen concreta. ... Pero si te digo ... célula ¿tienes una imagen concreta ?

Nieves : sí.

ML : ¿cuál ?

Nieves : la repres, la del dibujo de, de todos los orgánulos.

ML : el dibujo de todos los orgánulos, el de los libros.

A modo de resumen cabe comentar que Nieves comienza el curso operando con un modelo de célula que es muy limitado y estático en el que refiere algunos elementos estructurales (¡bastantes!) pero muy pocos y de manera muy poco significativa relativos a su funcionamiento. De hecho, plasma, aunque no de manera natural sino a instancias de la demanda requerida, unas imágenes de célula extraordinariamente simples en las que no se delimita ninguna estructura y se limita a nombrar algunos orgánulos. Comienza a asignarle a esta simple estructura un funcionamiento característico a través de los procesos que realiza al mismo tiempo que delimita progresivamente un mayor número de elementos estructurales, fundamentalmente organulares, ya que, como vemos utiliza en menor medida sus moléculas constituyentes; así mismo, construye y asigna una forma y una ultraestructura a dichos elementos, de la que no disponía mentalmente en un principio y va relacionándolos con su papel biológico, con su función. De hecho, se observa una evolución importante en los diseños que elabora que podíamos admitir que plasman "su imagen" de la célula. Son esas imágenes las que dan pie, junto con el uso que hace de la información, para pensar que, como decíamos, ha partido de un modelo de célula sólo estructural y muy pobre (lo que hemos categorizado como A) y ha evolucionado hacia un modelo tipo B, es decir, un doble esquema: un modelo de estructura independiente del modelo de funcionamiento; un modelo de funcionamiento

del que no disponía en un principio pero que también resulta pobre y poco explicativo ya que no la dota de la comprensión necesaria y suficiente como para establecer deducciones e inferencias elaboradas, proposiciones más significativas, jerarquización coherente y autónoma, etc. De hecho, opera en el terreno del funcionamiento celular con conceptos que no había construido hasta este momento pero que son muy generales y con los que se establecen pocas relaciones con la estructura. De ahí deriva su recurso a explicar la fisiología de la célula como suma de funciones de cada elemento estructural, si bien es cierto que, como también se ve en la evolución seguida a lo largo del curso, hace intentos importantes por establecer dicha integración, como ella misma comenta en la entrevista final ya que ahora sabe lo que hace cada orgánulo, los relaciona entre ellos. Establece, pues, esas relaciones porque opera con un modelo mental B, un doble modelo estructura/funcionamiento y no con un modelo global, y un doble modelo que le permite "visualizar" la estructura de la célula aunque sea con una imagen muy pobre y libresca, pero no la otorga de "imaginabilidad" para su funcionamiento.

ANEXO N° 13:

CLARA

NOMBRE: Clara

CURSO: COU A

FECHA: 28-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, organismo, vida, orgánulos, nutrientes, animales, vegetales, energía, reacciones metabólicas, medio, funciones, membrana, aparato de Golgi, citoplasma, vacuola, núcleo, mitocondria.	Célula, organismo, funciones, orgánulos, metabolismo, energía, membranas, ser vivo, mitocondrias, información genética, núcleo, procesos metabólicos, vesículas, nutrientes, catálisis, ATP, membrana celular, microtúbulos, ribosomas, cromatina, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, vacuolas, lisosomas, citoplasma, nucleolo, glúcidos, proteínas, lípidos, síntesis de proteínas, ARN mensajero, neoglucogénesis, cadena respiratoria, vegetales, cloroplastos, fotosíntesis, materia, enzimas, reacciones metabólicas.	Funciones, respiración celular, nutrición, relación, reproducción, seres vivos, vida, orgánulos, célula, anabolismo, catabolismo, ATP, energía, nutriente, glúcidos, lípidos, gametos, meiosis, neoglucogénesis, catálisis, enzima, núcleo, vegetal, membrana, vacuola, aparato de Golgi, pared celular, citoplasma, cromosomas, profases, óvulos, nucleolo, información, retículo endoplasmático, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, síntesis proteica, excitosis, mitocondria, crestas mitocondriales, fotosíntesis.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica (repite casi lo mismo en todo)	Organización autónoma (Ej: preg. 3 A y B, 4 y 6)	Repetición mecánica (Ej: imágenes : lo que hizo para estudiar)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (1º y 3º -muy pobre) no uso (2º)	Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: pentosa. • Lípido: michelín. • Ácido nucleico: "lo del libro". • Energía: ATP (¡las letras!) • Entropía: ¡confuso! El mundo. • Célula: está viendo una célula vegetal. • Catabolismo. Rotura, moléculas rompiéndose. • Meiosis: división. • Reproducción: óvulos. • Anabolismo: no tiene imagen muy clara. • Ser vivo: hombre y planta. • Nutrición: alguien comiendo ("pero la nutrición no es eso"). • Relación: relación de orgánulos y células con otras.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Elaboradas (Ej: preg. 4)	Elaboradas (Ej: interpretación del núcleo y del retículo endoplasmático)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	No se detectan	No se detectan (sólo las mostradas en las imágenes)

- Hace bastantes referencias en las imágenes al nivel bioquímico y algunas a célula, pero parecen de repetición mecánica de dibujos hechos o estudiados por ella.
- Analogía: entropía/el mundo: orden por un lado y desorden por otro.
- Su imagen es mucho más simple (ella dijo ¡4 orgánulos!); puso como un dibujo, un esquema.
- Insiste en que los orgánulos están relacionados (¡también en los cuestionarios!)
- Pág. 9A: funcionamiento de la célula como suma del funcionamiento de todos los orgánulos, pero después insiste en que todo se relaciona.
- Pág. 10 A: su modelo no es lo que dibujó en el cuestionario final; es más completo y complejo.
- Pág. 2 A: problemas para llegar a célula y para explicar lo que es; pero insiste en la relación de los orgánulos.
- Pág. 7/8 A: habla de que se hizo un modelo (y yo no lo sugiero tan claramente).

NOMBRE: Clara

CURSO: COU A

FECHA: 28-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, animal, vegetal mitocondria, aparato de Golgi, hialoplasma, núcleo, cloroplastos, vacuola, pared celular, glúcidos, glucógeno, anabólicos, catabólicos, fotosíntesis, neoglucogénesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fermentación, descarboxilación, fosforilación oxidativa, ácido láctico, ácido pirúvico, ATP.	Célula, estructuras, orgánulos, metabolismo, ATP, membranas, anabólicos, catabólicos, transporte, lípidos, glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos, genes, organismo.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vacuolas, citoplasma, orgánulos, cloroplastos, célula, núcleo, mitóticos, meióticos, metabólicas, ADN, cromosomas, catabólicas, anabólicas, fotosíntesis, neoglucogénesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, membranas, rigidez, transporte, activo, pasivo, masa, ATP.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: adjetivos, glucógeno, etc, pero no es muy descabellada)	Arbitraria (Ej: estructuras, adjetivos)	Arbitraria (Ej. Adjetivos: mitóticos, meióticos, metabólicas, activo, etc.)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas (y algunos errores)	Poco significativas	Poco significativas (Ej: varios errores importantes)
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil (pensé primero que era de libro (tipos, citología -orgánulos- y metabolismo) pero bioquímica -glúcidos -está por el medio)	Débil	De libro (bioquímica, citología, metabolismo)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
		Me parece que hay cierta integración estructura/función (16-10-98); la explicación lo confirma: lo que hace el metabolismo (¡ojo! error, por ejemplo: metabolismo para obtener energía) está en los orgánulos que son las estructuras.	Es curioso que la explicación es bastante coherente y articulada, con un hilo conductor aceptable -no es repetición mecánica. Insiste también aquí, como en la entrevista y en las encuestas, en la relación.

NOMBRE: Clara

CURSO: COU A

FECHA: 28-7-98

CRITERIOS	SÍMIL	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Célula, membrana, principios inmediatos, información, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, proteínas, ribosomas, ácidos nucleicos, cromosomas, genes, retículo endoplasmático liso, complejidad, vacuolas, organismo, procesos metabólicos, nutrientes, enzimas, mitocondria, orgánulo, respiración celular, energía, cadena transportadora de electrones, lisosomas.	Célula, ser vivo, materia, organismos, enzima, metabolismo, funciones, ARN, ADN, información, proteínas, agua, plantas, energía, protoplasma, orgánulos, vida, reacciones, nutrientes, sales, turgencia, plasmólisis, membrana, información genética, desecho, ósmosis, replicación.	Reacciones, energía, metabolismo, catabolismo, materia, anabolismo, células, vegetales, membranas, proteínas, fotosíntesis, anaerobio, organismo, fermentación, animales, respiración celular, glúcidos, lípidos, glucólisis, hialoplasma, citosol, ATP, medio, ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones, fosforilación oxidativa, neoglucogénesis, enzima, aminoácido, monosacáridos, coenzimas, aerobio.	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático, mitocondria, lípidos, vesículas, secreción, célula, glúcidos, catabolismo, β -oxidación, ser vivo, vida, organismo, energía, nutrientes, vegetal, animal, orgánulos, reacciones membrana celular, lisosomas, citoplasma, citosol, citoesqueleto, núcleo, nucleolo, vacuolas, cloroplastos, pared celular, anabolismo, agua, enzima, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, ATP, dictiosomas, excreción, proteínas, permeabilidad, transporte, endocitosis, pinocitosis, fagocitosis, endosomas, exocitosis, ósmosis, ribosomas, metabolismo, funciones vitales, autosellado, autoensamblaje, ácidos grasos, coenzimas, glucosidación, estímulos, respuestas, turgencia, impermeabilidad.	Proteínas, membranas, transporte, célula, cilios, flagelos, cromosomas, información, nutrientes, equilibrio osmótico, animales, vegetales, cadena transportadora, respiración celular, enzima, catálisis, reacciones metabólicas, organismo, holoproteínas, holoenzimas, coenzimas, ATP, energía, metabolismo, reacciones, traducción, núcleo, anabolismo, transcripción, ADN, información genética, ribosoma, orgánulo, citoplasma, metabolito, ARN mensajero, aminoácidos, anticodón, codón, inmunidad, respuesta celular, respuesta humoral, antígeno, anticuerpos, desnaturalización, secreción, especificidad, ARN transferente.	Cromosomas, gametos, DNA, ARN, información genética, núcleo, medio, síntesis de proteínas, célula, mitosis, meiosis, interfase, ciclo celular, genoma, reproducción, profase, nucleolo, membrana nuclear, huso mitótico, metafase, microtúbulos, centrosomas, anafase, cromátidas, telofase, leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno, diacinesis, nucleótidos, cromatina, ácidos nucleicos, genes, ATP, nucleosoma, nucleoplasma, transcripción, homocigóticos, entrecruzamiento, ARN mensajero, ARN ribosómico, ARN transferente, ARN nuclear, información, cinetócoros, sobrecruzamiento, coenzimas.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	De libro (Ej: célula)	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (aunque hay problemas de expresión)	Simple y pobre (incluso problemas de expresión y sin hilo conductor)	Simple y pobre (problemas de expresión y no hay hilo conductor)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Repetición mecánica (Ej: preg. 1)	Repetición mecánica (Ej: glucólisis)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica (usa muchísimos conceptos pero de manera repetitiva, mecánica; ej. Preg. 4)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya bien en el dibujo e incorpora, además, explicaciones)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERY DEDUC. INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan
			Respiración celular y fotosíntesis es ejemplo clarísimo de ausencia de comprensión del metabolismo y, por lo tanto, del funcionamiento energético celular.	Célula: me parece muy interesante porque ahora ha integrado estructura/función; ausencia de razonamiento, por ejemplo: las cremas.		

NOMBRE: Clara

CURSO: COU A

FECHA: 28-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: ningún concepto. 2º dibujo: no hace. <p>Membrana, citoplasma, aparato de Golgi, núcleo, vacuola, mitocondria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: ningún concepto (hay un texto y dibujo sin nombrar nada) 2º dibujo: no hace <p>Membrana celular, microtúbulos, núcleo, ribosomas, cromatina, mitocondria, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, vacuolas, lisosomas, citoplasma, nucleolo, glúcidos, proteínas, lípidos.</p>	Membrana celular, transporte, vacuolas, mitocondria, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, respiración celular (*), microtúbulos, célula, ribosomas, citoplasma, nucleolo, núcleo, información genética, síntesis proteica, retículo endoplasmático rugoso, lisosomas, retículo endoplasmático liso, vesículas, enzimas, aparato de Golgi, orgánulos, cromatina, cromosomas, neoglucogénesis, glucólisis.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (¡muy pobre!)	Identificación	Identificación y comentarios de funciones con palabras y frases
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático
			(*) no relaciona entre sí estos procesos: respiración celular y cadena respiratoria.

NOMBRE: Clara

CURSO: COU A

FECHA: 28-7-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, organismo, vida, orgánulos, nutrientes, animales, vegetales, energía, reacciones metabólicas, medio, funciones, membrana, aparato de Golgi, citoplasma, vacuola, núcleo, mitocondria.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, ser vivo, materia, organismos, enzima, metabolismo, funciones, ARN, ADN, información, proteínas, agua, plantas, energía, protoplasma, orgánulos, vida, reacciones, nutrientes, sales, turgencia, plasmólisis, membrana, información genética, desecho, ósmosis, replicación.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones, energía, metabolismo, catabolismo, materia, anabolismo, células, vegetales, membranas, proteínas, fotosíntesis, anaerobio, organismo, fermentación, animales, respiración celular, glúcidos, lípidos, glucólisis, hialoplasma, citosol, ATP, medio, ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones, fosforilación oxidativa, neoglucogénesis, enzima, aminoácido, monosacáridos, coenzimas, aerobio.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, animal, vegetal mitocondria, aparato de Golgi, hialoplasma, núcleo, cloroplastos, vacuola, pared celular, glúcidos, glucógeno, anabólicos, catabólicos, fotosíntesis, neoglucogénesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fermentación, descarboxilación, fosforilación oxidativa, ácido láctico, ácido pirúvico, ATP.
ex. LÍP. 26/2/97	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático, mitocondria, lípidos, vesículas, secreción, célula, glúcidos, catabolismo, β -oxidación, ser vivo, vida, organismo, energía, nutrientes, vegetal, animal, orgánulos, reacciones membrana celular, lisosomas, citoplasma, citosol, citoesqueleto, núcleo, nucleolo, vacuolas, cloroplastos, pared celular, anabolismo, agua, enzima, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, ATP, dictiosomas, excreción, proteínas, permeabilidad, transporte, endocitosis, pinocitosis, fagocitosis, endosomas, exocitosis, ósmosis, ribosomas, metabolismo, funciones vitales, autosellado, autoensamblaje, ácidos grasos, coenzimas, glucosidación, estímulos, respuestas, turgencia, impermeabilidad.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, membranas, transporte, célula, cilios, flagelos, cromosomas, información, nutrientes, equilibrio osmótico, animales, vegetales, cadena transportadora, respiración celular, enzima, catálisis, reacciones metabólicas, organismo, holoproteínas, holoenzimas, coenzimas, ATP, energía, metabolismo, reacciones, traducción, núcleo, anabolismo, transcripción, ADN, información genética, ribosoma, orgánulo, citoplasma, metabolito, ARN mensajero, aminoácidos, anticodón, codón, inmunidad, respuesta celular, respuesta humoral, antígeno, anticuerpos, desnaturalización, secreción, especificidad, ARN transferente.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, estructuras, orgánulos, metabolismo, ATP, membranas, anabólicos, catabólicos, transporte, lípidos, glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos, genes, organismo.
ex. AN. 12/5/97	Cromosomas, gametos, DNA, ARN, información genética, núcleo, medio, síntesis de proteínas, célula, mitosis, meiosis, interfase, ciclo celular, genoma, reproducción, profase, nucleolo, membrana nuclear, huso mitótico, metafase, microtúbulos, centrosomas, anafase, cromátidas, telofase, leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno, diacinesis, nucleótidos, cromatina, ácidos nucleicos, genes, ATP, nucleosoma, nucleoplasma, transcripción, homocigóticos, entrecruzamiento, ARN mensajero, ARN ribosómico, ARN transferente, ARN nuclear, información, cinetócoros, sobrecruzamiento, coenzimas.
Símil de la fábrica 13/5/97	Célula, membrana, principios inmediatos, información, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, proteínas, ribosomas, ácidos nucleicos, cromosomas, genes, retículo endoplasmático liso, complejidad, vacuolas, organismo, procesos metabólicos, nutrientes, enzimas, mitocondria, orgánulo, respiración celular, energía, cadena transportadora de electrones, lisosomas.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Membrana celular, transporte, vacuolas, mitocondria, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, respiración celular (*), microtúbulos, célula, ribosomas, citoplasma, nucleolo, núcleo, información genética, síntesis proteica, retículo endoplasmático rugoso, lisosomas, retículo endoplasmático liso, vesículas, enzimas, aparato de Golgi, orgánulos, cromatina, cromosomas, neoglucogénesis, glucólisis.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Glúcidos, lípidos, proteínas, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vacuolas, citoplasma, orgánulos, cloroplastos, célula, núcleo, mitóticos, meióticos, metabólicas, ADN, cromosomas, catabólicas, anabólicas, fotosíntesis, neoglucogénesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, membranas, rigidez, transporte, activo, pasivo, masa, ATP.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, organismo, funciones, orgánulos, metabolismo, energía, membranas, ser vivo, mitocondrias, información genética, núcleo, procesos metabólicos, vesículas, nutrientes, catálisis, ATP, membrana celular, microtúbulos, ribosomas, cromatina, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, vacuolas, lisosomas, citoplasma, nucleolo, glúcidos, proteínas, lípidos, síntesis de proteínas, ARN mensajero, neoglucogénesis, cadena respiratoria, vegetales, cloroplastos, fotosíntesis, materia, enzimas, reacciones metabólicas.
Entrevista. 9/6/97	Funciones, respiración celular, nutrición, relación, reproducción, seres vivos, vida, orgánulos, célula, anabolismo, catabolismo, ATP, energía, nutriente, glúcidos, lípidos, gametos, meiosis, neoglucogénesis, catálisis, enzima, núcleo, vegetal, membrana, vacuola, aparato de Golgi, pared celular, citoplasma, cromosomas, profases, óvulos, nucleolo, información, retículo endoplasmático, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, síntesis proteica, exocitosis, mitocondria, crestas mitocondriales, fotosíntesis.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Orgánulos, membrana, aparato de Golgi, citoplasma, vacuola, núcleo, mitocondria.	Protoplasma, orgánulos, membrana.	Membranas, hialoplasma, citosol.	Mitocondria, aparato de Golgi, hialoplasma, núcleo, cloroplastos, vacuola, pared celular.	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático, mitocondria, vesículas, orgánulos, membrana celular, lisosomas, citoplasma, citosol, citoesqueleto, núcleo, nucleolo, vacuolas, cloroplastos, pared celular, matriz mitocondrial, dictiosomas, endosomas, ribosomas.	Membranas, cilios, flagelos, cromosomas, núcleo, ribosoma, orgánulo, citoplasma.	Orgánulos, membranas.	Cromosomas, núcleo, nucleolo, membrana nuclear, huso mitótico, microtúbulos, centrosomas, nucleosoma, nucleoplasm.	Membrana, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, cromosomas, retículo endoplasmático liso, vacuolas, mitocondrias, lisosomas.	Membrana celular, vacuolas, mitocondria, microtúbulos, ribosomas, citoplasma, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, lisosomas, aparato de Golgi, orgánulos, cromosomas.	Ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vacuolas, citoplasma, orgánulos, cloroplastos, núcleo, cromosomas, membranas.	Orgánulos, membranas, mitocondrias, núcleo, vesículas, membrana celular, microtúbulos, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, vacuolas, lisosomas, citoplasma, nucleolo, cloroplastos.	Orgánulos, núcleo, membrana, vacuola, aparato de Golgi, pared celular, citoplasma, cromosomas, nucleolo, retículo endoplasmático, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, vacuolas, mitocondrias, crestas mitocondriales.	AG6,centrosoma1,ciclo1,ctq1,ctpl7,cts12,clpt4,crmit1,crma6,dictiosoma1,fgl1,hlp12,husom1,t1,liss4,matrizmit1,membr12,mbrncel3,mbrnucl1,microtúb3,mtc8,núcl10,nuclo5,nucleoplasma1,org10,paredcel3,RE6,REL3,RER4rib7,vesc3.
Moléculas	Nutrientes.	Enzima, ARN, ADN, proteínas, agua, nutrientes, sales.	Proteínas, glúcidos, lípidos, ATP, enzima, aminoácido, monosacáridos, coenzimas.	Glúcidos, glucógeno, ácido láctico, ácido pirúvico, ATP.	Lípidos, glúcidos, nutrientes, agua, enzima, ATP, proteínas, ácidos grasos, coenzimas.	Proteínas, nutrientes, enzima, holoproteínas, holoenzimas, coenzimas, ATP, ADN, metabolito, ARN mensajero, aminoácidos, anticodón, codón, ARN transferente.	ATP, lípidos, glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos, genes.	DNA, ARN, cromátidas, nucleótidos, cromatina, ácidos nucleicos, genes, ATP, ARN mensajero, ARN ribosómico, ARN transferente, ARN, nuclear, coenzimas.	Principios inmediatos, proteínas, ácidos nucleicos, genes, nutrientes, enzimas.	Enzimas, cromatina.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ADN, ATP.	Nutrientes, ATP, cromatina, glúcidos, proteínas, lípidos, ARN mensajero, enzimas.	ATP, nutriente, glúcidos, lípidos, enzima.	Acgr1,AN3,ADN3,agua2,aa1,ARN4,ARNm3,ARNt2,ATP9coenz4,cromát1,cromat3,enz9,gen4,glúc7,glucógeno1,holoprot1,líp6,monosac1,nucleótido1,nutriente7,PI1,prot8.
PROCESOS Mts.	Reacciones metabólicas.	Metabolismo, desecho, replicación.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, fotosíntesis, anaerobio, fermentación, respiración celular, glucólisis, ciclo de	Anabólicos, catabólicos, fotosíntesis, neoglucogénesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fermentación	Secreción, catabolismo, β-oxidación, anabolismo, ciclo de Krebs, excreción, metabolismo, glucosidación.	Cadena transportadora, respiración celular, catálisis, reacciones metabólicas, metabolismo, traducción, anabolismo, transcripción	Metabolismo, anabólicos, catabólicos.	Síntesis de proteínas, transcripción.	Procesos metabólicos, respiración celular, cadena transportadora de electrones.	Ciclo de Krebs, cadena respiratoria, respiración celular, síntesis proteica, neoglucogénesis, glucólisis.	Metabólicas, catabólicas, anabólicas, fotosíntesis, neoglucogénesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria.	Metabolismo, catálisis, síntesis de proteínas, neoglucogénesis, cadena respiratoria, fotosíntesis, síntesis proteica, fotosíntesis.	Respiración celular, anabolismo, catabolismo, neoglucogénesis, catálisis, síntesis proteica, fotosíntesis.	Anb4,anaerob1,cadresp4,cat3,catálisis3,cKrebs5,decarboxidación1,desecho1,fermet2,ffox2,fost5,glucogén6,glucólisis4,glucosidación1,mtb

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
			Krebs, cadena transportadora de electrones, fosforilación oxidativa, neoglucogénesis, aerobio.	, descarboxilación, fosforilación oxidativa.		, secreción.								6,reactmtba3, resp5, rescel5 ,secrec2síntesis7, sprot4, traduc1, transcr p2.
Otros	Funciones.	Funciones, turgencia, plasmolisis, ósmosis.	-	-	Funciones vitales, transporte, endocitosis, pinocitosis, fagocitosis, exocitosis, ósmosis, respuestas, turgencia.	Transporte, equilibrio osmótico.	Transporte.	Mitosis, meiosis, ciclo celular, reproducción , profase, metafase, anafase, telofase, leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno, diacinesis, sobrecruzamiento.	-	Transporte.	Mitóticos, meióticos, transporte.	Funciones.	Funciones, nutrición, relación, reproducción , meiosis, profases, exocitosis.	Anaf1, diploteno1, endocit1, exocit2, fagocit1, funciones5, FV1, meiosis2, metaf1, mitosis1, nut1 , ósmosis2, pinocit1, prof2, rel1, rep2, respuesta1, sobrecruz1, telof1 , transporte5, turgencia2.
CONCEPs GRALES:	Célula, organismo, vida, animales, vegetales, energía, medio.	Célula, ser vivo, materia, organismos, información, plantas, energía, vida, reacciones, información genética.	Reacciones, energía, materia, células, vegetales, organismo, animales.	Célula, animal, vegetal.	Célula, ser vivo, vida, organismo, energía, vegetal, animal, reacciones, estímulos.	Célula, información, animales, vegetales, organismo, energía, reacciones, información genética.	Célula, estructuras, organismo.	Información genética, medio, célula, información.	Célula, información, complejidad, organismo, energía.	Célula, información genética.	Célula, rigidez, masa.	Célula, organismo, energía, ser vivo, información genética, vegetales, materia.	Seres vivos, vida, célula, energía, vegetal, información.	Ani5, célula1 3, energía8, es título1, información7, infgen5, masa1, materia3, medio2, organismo8, planta1, reac4, svv4, vgt7, vida4.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Permeabilidad, autosellado, autoensamblaje, impermeabilidad.	Inmunidad, respuesta celular, respuesta humoral, antígeno, anticuerpos, desnaturalización, especificidad .	-	Gametos, interfase, genoma, homocigótico, entrecruzamiento.	-	-	-	-	Gametos, óvulos.	Anticuerpo1, antígeno1, autoensamblaje1, autosell1, especificidad1, gameto2, genoma1, impermeabilidad1, inmunidad1, interfase1, permeabilidad1, respuesta1, respcel1, resp humoral1.
MODELO	B	B	A/B	B	A/B ¿?	A	B	B	C	B	B	D	B	B

Clara comienza el curso operando con un modelo de la célula que incluye pocos elementos estructurales (y a nivel bioquímico sólo usa "nutrientes") pero casi nada más, ya que es una célula a la que le asigna un funcionamiento muy limitado, funcionamiento definido por funciones y por reacciones metabólicas. Podría admitirse que para ella, en este momento, la célula es una estructura que constituye a los organismos tanto animales como vegetales y que, por lo tanto, tiene una vida que depende de la energía y que se relaciona con el medio, pero hasta ahí llega la comprensión funcional de dicha estructura, una estructura que parece conocer y entender más y de mejor manera ya que delimita algunos de sus elementos. Cuando se refiere a la célula en estos primeros momentos del curso, utiliza un lenguaje muy similar al encontrado en los libros de texto y maneja la información con un discurso simple y pobre, repitiéndola mecánicamente; ejemplo de ello son las siguientes frases extraídas del cuestionario inicial (22-10-96):

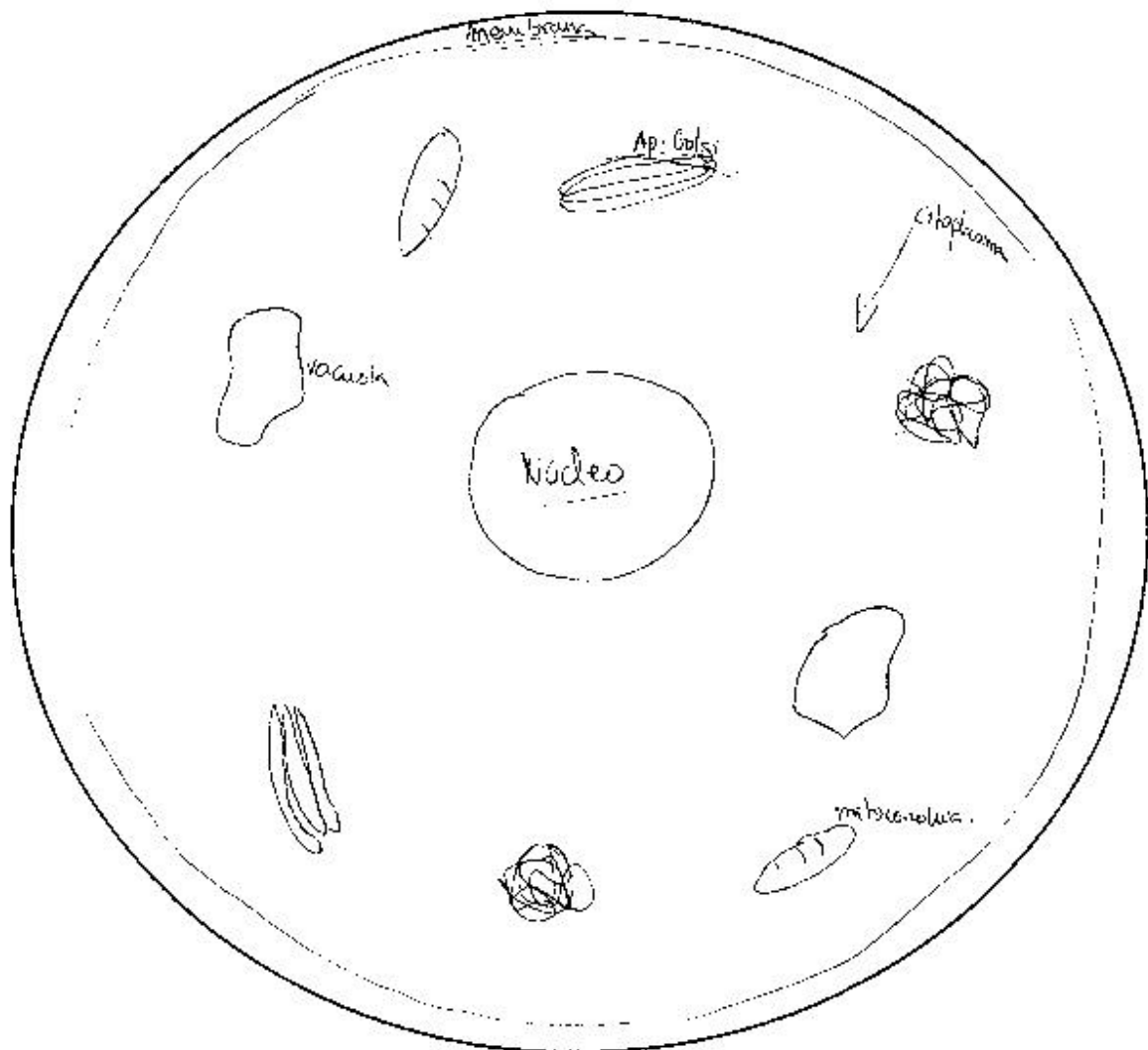
- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
 - *Una célula es la unidad más pequeña de que está formado un organismo.*
 - *La célula realiza diferentes funciones gracias a sus orgánulos que nos da la energía y los nutrientes necesarios para poder vivir.*
 - *La célula es lo que nos da la vida.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
 - *Funciona a partir de nutrientes que le llegan a ella.*
 - *Los que realizan sus funciones son los orgánulos de la célula.*
 - *Y también gracias a las relaciones que existen entre ellos.*

Algunas de estas frases es cierto que no son típicamente librecas, que no es lo habitual en los libros de texto, pero sí de repetición de lo trabajado en clase. Llama la atención una cierta idea de funcionamiento para el que hacen falta nutrientes y energía, pero es un funcionamiento-suma, es decir, la unión o suma de lo que hacen sus orgánulos constituyentes admitiendo, eso sí, que existen relaciones entre ellos. Clara tiene, pues, a juzgar por lo que plasma, una cierta idea de funcionamiento de una célula pero que no puede representar:

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?

" No sé representar el funcionamiento de una célula. Ya que para que una célula funcione necesitan reacciones metabólicas que existen en ella y que yo no sabría representar".

Esta estudiante no hace interactuar su idea de estructura celular con su idea de funcionamiento, no las relaciona, no sabe o no puede ubicar lo que es dinámica celular en determinadas estructuras que sabe que existen pero a las que no les da un papel biológico y que no relaciona cuando las plasma en un dibujo. Cuando habla o piensa en célula, no lo hace conjuntamente en su estructura y en su funcionamiento, sino que atiende o bien a un aspecto o bien a otro y ambos son biológicamente limitados, siendo, en todo caso, más científico su aspecto estructural en el que, como se verá, reconoce diferentes orgánulos que señala en el círculo que representaría una célula, pero sólo eso, estructuras.



Hay un divorcio entre lo que es la estructura y lo que es el funcionamiento, como vemos en el dibujo anterior y como se corrobora en el siguiente texto para explicarlo (en la misma encuesta) en el que habla de funcionamiento pero sin apoyarse en elementos estructurales:

" A la célula le llegan nutrientes aprovechables por todos los orgánulos de la célula para poder ser sintetizados para transformarlo(s) en energía u otras sustancias aprovechable(s) de nuestro organismo. Algunos nutrientes desde la célula son transportados por el torrente sanguíneo para los diferentes órganos. Los nutrientes que son sintetizados dentro de nuestro organismo son transformados en energía útil para nosotros y esta energía es transformada por las diferentes reacciones que hay dentro de nuestro organismo. Otros nutrientes son almacenados como reserva propia".

Existen para Clara dos entidades distintas de célula: una que es estructural y otra que es funcional y eso la lleva a captar una comprensión limitada de la misma, observándose, incluso, que muestra problemas a la hora de interpretar los procesos que ocurren en el cuerpo humano en función y como consecuencia del funcionamiento de sus unidades constituyentes -las células-, como se desprende del segundo de los párrafos del texto anterior. Esta comprensión limitada, pero comprensión al fin y al cabo, se muestra también en la respuesta a la explicación sobre la célula solicitada en el examen de Origen de la vida (18-11-96):

"La célula es la unidad funcional, estructural y bioquímica de todo organismo o ser viviente.

- *La célula posee información genética necesaria para poderse reproducir y autorreplicarse.*
- *Toda célula proviene de otra célula mediante bipartición;*
- *En la célula se realizan todas las reacciones metabólicas del organismo para lograr su supervivencia".*

Como puede observarse, hay una gran estabilidad en la mente de Clara ya que lo anterior guarda relación con lo ya mostrado y, en ese sentido, es evidente que genera una comprensión sobre la célula, un modelo, que responde a frases sueltas sin un hilo conductor, no hay discurso, no hay organización autónoma de la información y no se aplican los nuevos conceptos, las nuevas aportaciones a una estructura de célula que ya existía, para la que ya tenía una representación, sino que se sigue operando en un doble nivel.

La ausencia de relación y de interacción entre estructura y función queda claramente de manifiesto cuando la demanda que se hace es:

- ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis?

En su respuesta en el examen de Glúcidos (9-12-96), Clara no usa ningún concepto relativo a estructura y muestra, además, serios problemas relativos al sentido biológico de los procesos celulares, confundiendo la finalidad de la respiración celular y de la fotosíntesis; es éste un ejemplo clarísimo de ausencia de comprensión del metabolismo y, por lo tanto, del funcionamiento energético de la célula. Si hubiese tenido un modelo explicativo y predictivo global del mismo, hubiese establecido relaciones estructura/función y, con ello, hubiese caído en la cuenta de que las células vegetales también tienen mitocondrias (¡elementos estructurales!) y hubiese advertido, en consecuencia, su papel fisiológico. Veamos lo que Clara contesta:

"Las células animales respiran y las células vegetales realizan un tipo de respiración celular similar pero diferente (fotosíntesis); ya que las células animales respiran por la obtención de energía a partir de materia orgánica, y requieren un contenido energético menor que en las células vegetales, que por medio de la fotosíntesis obtienen energía pero con gran contenido energético, "pero de baja calidad" es decir, que obtienen menos energía que una célula animal".

Efectivamente, en el examen de los Glúcidos se usan profusamente conceptos metabólicos pero cuya incorporación y asimilación, como vemos, es muy limitada; así mismo, se usan muy pocos conceptos relativos a elementos estructurales que, básicamente, están referidos a moléculas. Nuevamente nos encontramos ante una doble interpretación de la entidad célula. Esta profusión en el uso de conceptos metabólicos se observa también, por ejemplo, en el primer mapa conceptual (9-1-97), pero es un uso poco significativo en términos del significado biológico científicamente aceptado, lo que se interpreta como una asimilación insuficiente de lo que es el funcionamiento energético, como muestran algunos errores incluso en la propia explicación del mapa; también en este contexto y ante esta demanda se observa una clara separación entre estructura y funcionamiento celular. Este doble esquema, este modelo al que hemos llamado B, que supone la construcción de una explicación que atiende a la estructura y de otra, independiente de ésta, que se ocupa del funcionamiento de una célula, hace en la mente de Clara intentos de integración, evoluciona ante nueva información y, aun

manteniéndolo, lo reestructura en busca de esa representación más global, más predictiva y más explicativa; un ejemplo de ello es el siguiente texto, ¡largo!, con el que responde en el examen de Lípidos (26-2-97) a qué es una célula:

" La célula es la unidad morfológica y biológica de la que se compone un ser vivo, la cual realiza funciones específicas para que se produzca vida en un organismo. Se considera la unidad porque a partir de la unión de ella con otras, se pueden formar órganos, tejidos, aparatos, sistemas y así constituir un organismo viviente.

Para que la célula realice sus funciones, es necesario un aporte de energía prov(i)eniente de nutrientes incorporado(s) por el propio organismo, para que ella pueda degradarlos para obtener energía para seguir realizando procesos o bien para construir nuevas sustancias para que pueda ser utilizada por otras. Cabe decir que existen dos tipos de célula: la animal y la vegetal. Ellas se componen de orgánulos que se encuentran en su interior y en ellos se producen las diferentes reacciones. La célula animal está compuesta por: membrana celular, lisosomas, Aparato de Golgi, Retículo Endoplasmático (Liso, Rugoso), citoplasma (citosol, citoesqueleto), núcleo (nucleolo). Se diferencia de la vegetal ya que ésta contiene además de estos orgánulos. Vacuolas de gran tamaño, cloroplastos, pared celular en vez de membrana plasmática; estos orgánulos se encargan de realizar funciones de degradación de nutrientes (catabolismo) con obtención de energía, o síntesis de nutrientes (anabolismo), dependiendo de la célula en cuestión. Por lo tanto, una célula es una unidad muy compleja, con estructura muy organizada, la cual no puede vivir aislada porque ella necesita relacionarse con el exterior para realizar sus funciones".

Es cierto que hay errores e ideas discutibles, léase los tipos ya que no incorpora previamente pro y eucariotas, problemas entre membrana y pared celular o la vaga idea de que no todas las células realicen catabolismo y anabolismo, pero es cierto también que hay diferencias entre esta interpretación e idea de célula y las anteriores; podría admitirse, pues, que esta alumna ha ganado capacidad explicativa frente a lo que para ella supone esta entidad tan compleja. Curiosamente, su poder predictivo sigue siendo muy limitado, como muestra la incongruencia con la que responde al posible papel de los lisosomas en el uso de las cremas hidratantes:

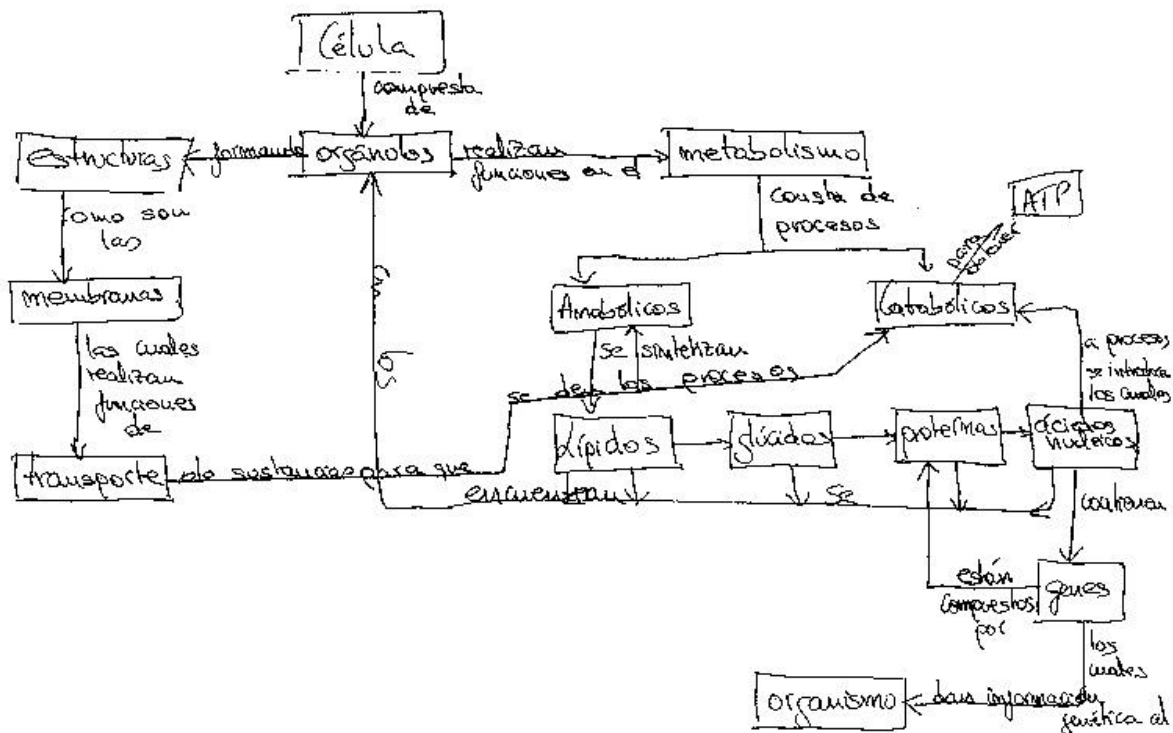
"Lo que haría es poner una crema con una cantidad de lípidos menor, es decir, las cadenas que se encuentran la(s) someto a un cambio de enlaces éster por enlaces éter, acortaría la cadena y le doy más rigidez, donde la célula se sometería a una remodelación de la composición lipídica".

Como vemos, no hay aplicación de los contenidos trabajados, no hay asimilación de los mismos, no se ha desarrollado ninguna capacidad predictiva en términos biológicos, no se pueden adelantar los posibles comportamientos de la célula, no pone en rotación un modelo de su funcionamiento, hasta el extremo de que ni siquiera tiene sentido lo que expresa en el texto anterior, una cita que contrasta claramente con la precedente, ambas extraídas del mismo ejercicio y que dan pie para pensar que, efectivamente, Clara está intentando comprender la célula como entidad viva pero que ello le supone problemas que resuelve representándola estructuralmente por un lado y funcionalmente por otro. Estos mismos problemas y dificultades se observan en la respuesta que da, en el ejercicio siguiente (14-3-97) al papel de los enzimas:

"Las reacciones metabólicas que se realizan en nuestro organismo se realizan con moléculas de elevada actividad orgánica con lo que la velocidad de las reacciones sería baja. Como el cuerpo o nuestro organismo no puede elevar por sí mismo la temperatura para acelerar la reacción enzimática ya que esto provocaría la autodestrucción, se han determinado ciertos catalizadores enzimáticos, los cuales son capaces de acelerar la reacción antes que la temperatura del cuerpo".

La confusión en términos de funcionamiento químico de la célula, como puede verse, es grande, una confusión que limita el establecimiento de deducciones e inferencias coherentes y congruentes y, por lo tanto, limita también su capacidad explicativa. En este ejercicio, Clara hace un uso de la información excesivamente repetitivo, con grandes párrafos que, como el expuesto, adolecen de estructura y hasta de significado y sentido y podría interpretarse que opera, incluso, con un modelo de célula sólo en lo relativo a su estructura, utilizando mecánicamente una información relativa a su funcionamiento que no comprende.

Pero, como ya se ha comentado, Clara busca esa comprensión y para ello procura la integración de los distintos elementos y aspectos relativos a la célula; podría servirnos de ejemplo el segundo mapa conceptual que realiza (1-4-97) en el que hay una cierta integración estructura/función que se ve confirmada en la propia explicación del mismo, ya que lo que hace el metabolismo está en los orgánulos, que son estructuras. Veamos dicho mapa:



El uso hasta exagerado de conceptos específicos sigue siendo una constante en las distintas producciones y verbalizaciones que hace esta estudiante, como muestra el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97); en el mismo, ante la pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos? Razona la respuesta.

se observa, en primer lugar, esa separación o divorcio del que hemos hablado entre ambos aspectos, esa representación dual que ha construido según la cual hay una explicación o parte relativa a la estructura y otra centrada en el funcionamiento, ambas marcadamente separadas; pero, además, se observa un poder explicativo realmente pobre en el que no se incorporan argumentos y justificaciones que se han trabajado en unidades anteriores, no se han integrado los distintos contenidos abordados a lo largo

del curso y, consecuentemente, no se muestra aplicación de los mismos. La respuesta de Clara es la siguiente:

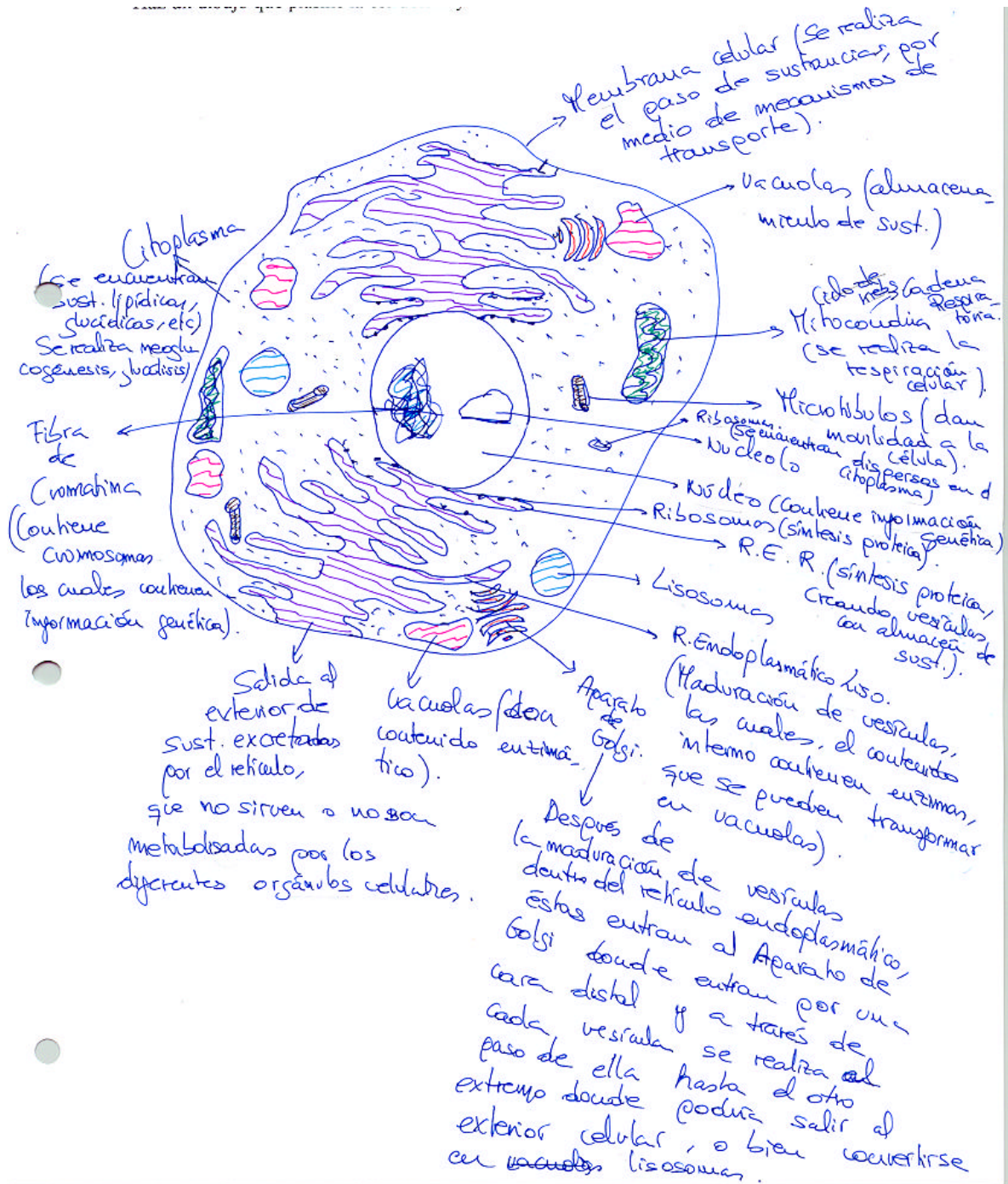
"El funcionamiento de la célula se debe a que los nucleótidos contienen la información genética en los genes que se encuentran en los cromosomas. Los cuales están formados por el enrollamiento de la fibra de cromatina que esto está compuesto por ácidos nucleicos. Los genes contienen la información genética y esto hace que se produzcan las diferentes funciones del sistema. Los nucleótidos forman moléculas cuyas estructuras, que forman por la unión de los mismos hace que se formen moléculas ricas en energía para el funcionamiento como el ATP, ADP, otros forman coenzimas por la unión de nucleótidos con otros no nucleicos; La estructura de la célula se ve afectada porque la célula en el núcleo contiene nucleosoma, nucleoplasma, envoltura nuclear, las cuales contienen ácidos nucleicos para que se produzcan la transcripción de los genes y así se produzcan los ciclos vitales".

Si bien es cierto, como se comentaba, que se observa una dualidad estructura/funcionamiento en la construcción mental generada para la célula, lo es, también, que progresivamente se detectan indicios e intentos de integración en un modelo más global, como muestra la última frase. Ese modelo más global, aunque muy genérico, lo manifiesta cuando interpreta un símil de la célula como si ésta fuese una fábrica; en esta ocasión, se usa un discurso fluido, se observa una aplicación de los conceptos más significativa y coherente desde el punto de vista biológico, se establecen inferencias consistentes desde el propio símil hasta las explicaciones que genera, etc. Veamos lo que nos entrega Clara.

"La estructura de la célula se representa en este dibujo de manera que el vehículo de entrada (1) correspondería a la membrana de la célula donde se realiza la entrada y salida de principios inmediatos e información procesada en el núcleo, que se correspondería con el dibujo (2) conectado de igual forma al retículo endoplasmático rugoso, el cual está conectado con la membrana nuclear y donde se sintetizan proteínas (3) por medio de ribosomas, los cuales hace(n) que se asocien a los ácidos nucleicos que se encuentran en el núcleo para dar estabilidad a la cadena y formar la fibra cromatínica, la cual se convierte en cromosomas en los cuales se encuentran los genes, y éstos a su vez información. El retículo endoplasmático liso está conectado al rugoso y a través del cual (4) las sustancias van adquiriendo un mayor grado de complejidad, las cuales siguen diferentes caminos: unas pueden formarse como vacuolas de almacenamiento de sustancias de reserva (5) sustancias que no pueden ser adquiridas o catabolizadas por el organismo para los procesos metabólicos, y otras salen al exterior de la célula. Los nutrientes que se encuentran en la vacuola digestiva formada de igual manera, se diferencia(n) de las demás, porque ella contiene en su interior un conjunto de enzimas encargadas de catalizar o romper los nutrientes para el uso del organismo.

La mitocondria (8) es un orgánulo encargado de la respiración celular, donde se rompen enlaces fosfatos de por ejemplo GTP, ADP, etc, para la obtención de energía y poder realizar los procesos en la célula. Se encuentra ahí la cadena transportadora de electrones. Los lisosomas se encargan de romper o catalizar los nutrientes".

Efectivamente, se está produciendo una construcción mental más explicativa y predictiva, con una incorporación importante de nuevos contenidos, de nuevos conceptos necesarios, precisamente, para explicar y para predecir, pero en la que siguen primando dos esquemas de referencia, como muestra el siguiente dibujo en el que necesariamente recurre al mismo en sí para estructura y a texto para funcionamiento, no dando cuenta, por lo tanto, de la demanda planteada, que solicita sólo un dibujo para ambos aspectos.



Esa incorporación conceptual de la que hablábamos se observa también en el tercer mapa en el que, efectivamente, se hacen proposiciones más explicativas, pero cuya significatividad biológica es limitada, mostrándose errores que se interpretan como la consecuencia de operar mentalmente con estructura por un lado y funcionamiento por otro y, por lo tanto, la ausencia de una comprensión global. Ha construido un modelo de célula a lo largo del curso muy diferente de aquel con el que lo comenzó y eso es un hecho a juzgar por los materiales que se han analizado de esta alumna; un ejemplo de ello puede ser la respuesta a la siguiente pregunta del cuestionario final (29-5-97):

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para que funcione como una célula?

" Para serlo le haría falta una estructura, con cierto volumen, con los diferentes orgánulos que contiene para realizar su funcionamiento. También le haría falta nutrientes que vengan del exterior para poder asimilarlos y metabolizarlos. Para su funcionamiento requiere aporte energético bien almacenado, o bien producto de catálisis enzimática que lo aporte (ATP)".

Es una respuesta que, si bien es parecida a la que emitió en el cuestionario inicial, contrasta con el mismo cuanto menos en la calidad y fluidez del discurso utilizado, así como en la aplicación de los conceptos que incorpora en el mismo. En todo caso, es un modelo el que ha construido Clara más consistente desde el punto de vista científico, en el que utiliza elementos para representar su estructura y elementos para representar su funcionamiento aisladamente, poniendo ambos en relación y, por lo tanto, teniendo una representación o visión más global, -más explicativa y predictiva-, sólo en contadas ocasiones; es un modelo el que construye que, de hecho, la dota de comprensión para esta entidad tan compleja como es la célula, y que hemos definido como modelo B, pero es una comprensión parcial, una comprensión según la cual interpreta y representa el funcionamiento de la célula como la suma de los funcionamientos de sus orgánulos constituyentes, pero en el que, aunque es cierto que explicita varias veces que existen relaciones, no es capaz de establecerlas mentalmente. Clara manifiesta en la entrevista (9-6-97) haber construido un modelo de célula que es más simple que la realidad, un modelo en el que cada cosa tiene su sitio:

ML : a ver, dime, entonces, qué diferencias hay entre esta imagen, que representa, según lo que me acabas de decir, una célula, y la imagen que tú me describiste, la tuya, tu modelo de célula.

Clara : *porque ésta es mucho más compleja.*

ML : ésta es mucho más compleja que la que tú tenías en mente. ¿por qué ?

Clara : *porque yooo dije a lo mejor cuatro orgánulos que tenía o ¡tch ! como estructuras separadas ; aquí se ve más bien como un orden ¿no ? uuunnn ... o relación, más bien, porque ... no sé ... ¡tch ! ... esto representa más la realidad, que yo más bien puse como un dibujo.*

ML : más bien pusiste como un dibujo en tu mente.

Clara : *si algo para ... un esquema ¿no ? de ..., ... como para ... ¡mmm ! ... ¡tch ! yo qué sé, paraaa dar, ¡un modelo ! de.*

ML : un modelo, tú lo que pusiste fue un modelo.

Clara : *¡mj !*

ML : ¿para qué ?

Clara : *para que se me queden más las ... al estudiar pues más o menos re, colocar cada cosa en su sitio y más o menos pues llevar una ... una idea.*

ML : para llevarte una idea.

La misma entrevista más adelante muestra esa idea de célula, ese modelo en el que cada cosa tiene su sitio y hace su papel, como si la célula fuera el resultado de la suma de sus elementos tanto estructural como funcionalmente.

ML : ¿dirías que tienes un modelo sobre el funcionamiento de una célula ? ... más o menos. ¿Ese modelo responde a poder articular una exposición, por ejemplo ? ¿o responde a unas ideas sueltas ?

Clara : *a una exposición pero también se podríaaa, o sea, si esas ideas las susueltas las uno, pues podría hacer una, una unión [...]*

ML : ¿qué tendría que pasar para que las unieras ?

Clara : *... ¿para unir esas ideas ? un poco un poco de estudio y repaso.*

ML : un poco de estudio.

Clara : *no, pero de todas formas yo pienso que sí ... diría todo las funciones, es que desde que sepas la función de cada orgánulo, de todas las estructuras de la célula, pues ya las puedes unir, más bien.*

ML : ¡mj !

Clara : *porque todo se relaciona.*

Efectivamente, reconoce que todo se relaciona, pero no tiene en su mente, no opera con un modelo global en el que indistintamente pueda usar conceptos funcionales y estructurales, sino que, si bien es cierto que los ha enriquecido y que advierte que interactúan, opera con un esquema para estructura y otro para funcionamiento, o sea, con un modelo B; eso es, al menos, lo que parece desprenderse de los materiales que se han analizado de Clara, de sus producciones y verbalizaciones, de los que se infiere que efectivamente opera sobre y frente a la célula como contenido con un modelo dual de la misma.

ANEXO N° 14:

REMEDIOS

NOMBRE: Remedios

CURSO: COU A

FECHA: 29-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, ADN, mitocondrias, membrana endoplasmática, aparato de Golgi, ARN, núcleo, citoplasma, centriolos, organismo, funciones, reacciones químicas, nutrientes, energía, información genética, medio, retículo endoplasmático, nucleolo, organización.	Célula, vida, seres vivos, entropía, orgánulos, ácidos nucleicos, funciones vitales, reproducción, relación, nutrición, nucleolo, retículo endoplasmático, nucleoplasma, peroxisoma, núcleo, cromatina, centriolos, vacuola, hialoplasma, membrana plasmática, aparato de Golgi, lisosomas, cloroplastos, ARN, ADN, ribosomas, transcripción, traducción, síntesis de proteínas, proteínas, reacciones, procesos metabólicos, glúcidos, lípidos, nutrientes, ATP, energía.	Entropía, funciones vitales, nutrición, reproducción, relación, células, organización, ser vivo, orgánulos, anabolismo, catabolismo, vida, metabolismo, reacciones químicas, haploide, vegetal, cromosomas, animales, núcleo, nucleolo, cromatina, retículo endoplasmático, cloroplastos, plasmólisis, ósmosis, proteínas, traducción, transcripción.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal (Ej: preg. 3)	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (Ej: preg. 4 y 6 -frases sueltas sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso (1º y 3º) no uso (2º)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcidos: molécula (C,H,OH). • Lípidos: persona gorda. • Ácidos nucleicos: hélice de libros. • Célula: ¡habla mucho y al final: lo que he visto en los libros! -plana. • Meiosis: cromosomas; dibujos de 3º de Susi. • Nutrición: acción de comer. • Relación: alguien hablando.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Elaboradas (Ej: preg. 4 -concisión extrema)	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan (¡!) <ul style="list-style-type: none"> • si bien habla de que funciona con un coordinador o un organizador que manda o envía órdenes. • En el 2º dibujo: ARN -es el que ordena lo que se tiene que hacer. 	No se detectan	No se detectan (sólo lo que se observa en las imágenes)
	Preg. 6: "exactamente no sé cómo funciona la célula".	Preg. 1: visión de conjunto y muy distinta a la de principio de curso.	

- ¡ojo! Para varias cosas no genera imagen (proteínas, energía, entropía, catabolismo, anabolismo) y en varias ocasiones genera imágenes de libros o vistas anteriormente -por repetición - por ejemplo: célula, meiosis o las cadenas de C (glúcidos, ácidos nucleicos).
- Dificultades para ver una imagen de célula.
- Pág. 4A: "en mi célula ..., ... no está tan llena".
- Pág. 5: identifica "porque ya lo he visto".
- Pág. 6 A: no tiene un modelo gráfico de cómo funciona la célula; ... pero sí sabe cómo funciona.
- Pág. 8: no ve el funcionamiento; pone palabras y flechas.
- Pág. 9A: ha integrado tanto en la idea que tenía al principio que casi ha borrado lo que tenía antes.

NOMBRE: Remedios

CURSO: COU A

FECHA: 29-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, tejidos, animal, vegetal, vacuolas, mitocondrias, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, membrana interna, membrana externa, citosol, núcleo, ribosomas, cloroplastos, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, energía, glucólisis, fotosíntesis, ADN, ARN, vivir, glucosa, almacenar, sintetizar sustancias, nutrientes.	Célula, glúcidos, proteínas, lípidos, cloroplastos, membranas, mitocondria, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, ribosoma, núcleo, ARN, transporte, metabolismo, energía.	Célula, mitosis, meiosis, reproducción, información genética, metabolismo, lípidos, proteínas, glúcidos, ADN, ARN, β -oxidación, fermentación, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, citoplasma, membrana plasmática, aparato de Golgi, ribosomas, cloroplastos, mitocondrias, vacuolas, retículo endoplasmático, núcleo, fotosíntesis, ATP.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: glucosa, almacenar, ...)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro (definición, tipos, citología, metabolismo)	De libro (bioquímica, citología, metabolismo)	Débil (no es de libro pero es débil -procesos metabólicos a distintas alturas, mitosis/meiosis/reproducción muy alto, etc)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Remedios

CURSO: COU A

FECHA: 29-7-98

CRITERIOS	SÍMIL	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Célula, membrana, núcleo, ADN, ARN, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, proteínas, lípidos, glúcidos, retículo endoplasmático liso, vacuolas, mitocondrias, reacciones metabólicas, lisosomas, orgánulo.	Célula, membrana plasmática, vida, reacciones, materia, material genético, organismo, entropía, agua, seres vivos, medio, transporte, sales minerales, enzimas, procariotas, eucariotas, vegetal, animal, núcleo, citoplasma, ribosomas, orgánulos, respiración celular, mesosomas, ADN, mitocondrias, órgano de Golgi, ósmosis.	Reacciones, entropía, energía, reacciones anabólicas, glúcidos, cloroplasto, orgánulo, organismos, membrana, membrana tilacoide, estroma, tilacoide, ATP, glicólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, células vegetales, animales, materia, seres vivos, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, fotosíntesis, lípidos, citosol, coenzima, neoglucogénesis, hialoplasma, glucógenogénesis, agua, enzimas, nutrientes, monosacáridos.	Membrana, mitocondria, aparato de Golgi, vesículas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, ciclo de Krebs, citosol, célula, reacciones químicas, β -oxidación, catabolismo, lípidos, endomembranas, dictiosoma, citoplasma, animales, vegetales, materia, lisosomas, secreción, proteínas, enzimas, glucosidación, transporte, agua, energía, ATP, pinocitosis, fagocitosis, endocitosis, organismo, procariotas, eucariotas, núcleo, orgánulos, microcuerpos, vacuolas, centriolos, cloroplastos, citoesqueleto, anabolismo, principios inmediatos, vida, seres vivos, ácidos grasos, autoensamblaje, fluidez, impermeabilidad, complejidad, autosellado.	Plantas, proteínas, principios inmediatos, aminoácidos, glúcidos, lípidos, transporte, membranas, organismos, citoesqueleto, orgánulo, reacciones químicas, ARN, transcripción, núcleo, energía, enzimas, especificidad, ciclo de Krebs, ATP, sistema inmunitario, vacuola, linfocitos, respuesta celular, antígeno, epítipo, anticuerpos, fagocitosis, citoplasma, inmunidad, respuesta.	Fenotipo, genotipo, genes, mutaciones, cromosoma, gameto, diploide, meiosis, haploide, poliploidía, aneuploidía, ADN, recombinación genética, sobrecruzamiento, profase, paquiteno, funciones vitales, reproducción, reproducción asexual, energía, reproducción sexual, sexo, medio, herencia, secreción, proteínas, RNA, nucleótidos, núcleo, mitocondrias, citoplasma, interfase, división celular, mitosis, orgánulos, citocinesis, células, envoltura nuclear, huso mitótico, metafase, microtúbulos, anafase, telofase, vesículas, aparato de Golgi, ciclo celular, enzimas, información genética, organismo, ácidos nucleicos, principios inmediatos, procesos metabólicos, glúcidos, lípidos, ligamiento, heterocigótico, delección, duplicación (crom), inversión, traslocación, RNA transferente, RNA mensajero, RNA ribosómico, duplicación, nucleolo, cinetócoros.
FRASES (de libro o elaboración)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (Ej. Preg. 7)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: célula)	Organización autónoma (Ej: preg. 7)	Organización autónoma (Ej: célula; integración)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: célula; visión global, de conjunto)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso (sólo de un esquema para ósmosis)	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES:.	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas (Ej: preg. 3 y las de pcd.)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (Sin embargo: computadora de todas las máquinas de la empresa que es la célula)	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> El RNA es el jefe de todo. (¡ojo! Ha repetido error)
	"El func. de toda la estructura"; todo es bueno; no es funci/suma.	En el mismo ex: cél. Preg 1 y (complejidad) y cél. Preg 4: ¿son dos cls distintas?	Metabolismo: ¿no nombra para nada célula o ser vivo!		Integra funcionamiento con estructura - globalmente pero lo hace.	

NOMBRE: Remedios

CURSO: COU A

FECHA: 29-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Retículo, mitocondrias, membrana endoplasmática, aparato de Golgi, ARN, ADN, citoplasma, centriolos, núcleo, nutrientes, energía, nucleolos.	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: no nombra nada. 2º dibujo: no hace Nucleolo, retículo endoplasmático, nucleoplasma, peroxisoma, núcleo, cromatina, centriolos, vacuola, hialoplasma, membrana plasmática, aparato de Golgi, lisosomas, cloroplastos.	Sustancias, mitocondria, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, ATP, lisosomas, digestión, hialoplasma, peroxisoma, síntesis, lípidos, información genética, ribosoma, síntesis proteínas, síntesis lípidos, vacuola, agua, glúcido, fermentación, lípidos, energía, enzimas, α -oxidación, cloroplastos, división celular, membrana plasmática, aparato de Golgi, glucoproteínas, glucolípidos, pared celular.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (1º y 3º) Identificación y comentario de funciones (¡sólo algunas!) (2º)	Identificación	Identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales (flechas)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Complejo dinámico (con las flechas informa sobre orden temporal de los procesos y destino de las moléculas y, también, vías alternativas)

NOMBRE: Remedios

CURSO: COU A

FECHA: 29-7-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, ADN, mitocondrias, membrana endoplasmática, aparato de Golgi, ARN, núcleo, citoplasma, centriolos, organismo, funciones, reacciones químicas, nutrientes, energía, información genética, medio, retículo endoplasmático, nucleolo, organización.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, membrana plasmática, vida, reacciones, materia, material genético, organismo, entropía, agua, seres vivos, medio, transporte, sales minerales, enzimas, procariontas, eucariotas, vegetal, animal, núcleo, citoplasma, ribosomas, orgánulos, respiración celular, mesosomas, ADN, mitocondrias, órgano de Golgi, ósmosis.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones, entropía, energía, reacciones anabólicas, glúcidos, cloroplasto, orgánulo, organismos, membrana, membrana tilacoidal, estroma, tilacoide, ATP, glicólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, células, vegetales, animales, materia, seres vivos, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, fotosíntesis, lípidos, citosol, coenzima, neoglucogénesis, hialoplasma, glucógenogénesis, agua, enzimas, nutrientes, monosacáridos.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, tejidos, animal, vegetal, vacuolas, mitocondrias, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, membrana interna, membrana externa, citosol, núcleo, ribosomas, cloroplastos, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, energía, glicólisis, fotosíntesis, ADN, ARN, vivir, glucosa, almacenar, sintetizar sustancias, nutrientes.
ex. LÍP. 26/2/97	Membrana, mitocondria, aparato de Golgi, vesículas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, ciclo de Krebs, citosol, célula, reacciones químicas, β -oxidación, catabolismo, lípidos, endomembranas, dictiosoma, citoplasma, animales, vegetales, materia, lisosomas, secreción, proteínas, enzimas, glucosidación, transporte, agua, energía, ATP, pinocitosis, fagocitosis, endocitosis, organismo, procariontas, eucariotas, núcleo, orgánulos, microcuerpos, vacuolas, centriolos, cloroplastos, citoesqueleto, anabolismo, principios inmediatos, vida, seres vivos, ácidos grasos, autoensamblaje, fluidez, impermeabilidad, complejidad, autosellado.
ex. PROT. 14/3/97	Plantas, proteínas, célula, principios inmediatos, aminoácidos, glúcidos, lípidos, transporte, membranas, organismos, citoesqueleto, orgánulo, reacciones químicas, ARN, transcripción, núcleo, energía, enzimas, especificidad, ciclo de Krebs, ATP, sistema inmunitario, vacuola, linfocitos, respuesta celular, antígeno, epítipo, anticuerpos, fagocitosis, citoplasma, inmunidad, respuesta.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, glúcidos, proteínas, lípidos, cloroplastos, membranas, mitocondria, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, ribosoma, núcleo, ARN, transporte, metabolismo, energía.
ex. AN. 12/5/97	Fenotipo, genotipo, genes, mutaciones, cromosoma, gameto, diploide, meiosis, haploide, poliploidía, aneuploidía, ADN, recombinación genética, sobrecruzamiento, profase, paquiteno, funciones vitales, reproducción, reproducción asexual, energía, reproducción sexual, sexo, medio, herencia, secreción, proteínas, RNA, nucleótidos, núcleo, mitocondrias, citoplasma, interfase, división celular, mitosis, orgánulos, citocinesis, células, envoltura nuclear, huso mitótico, metafase, microtúbulos, anafase, telofase, vesículas, aparato de Golgi, ciclo celular, enzimas, información genética, organismo, ácidos nucleicos, principios inmediatos, procesos metabólicos, glúcidos, lípidos, ligamiento, heterocigótico, delección, duplicación (crom), inversión, traslocación, RNA transferente, RNA mensajero, RNA ribosómico, duplicación, nucleolo, cinetócoros.
Símil de la fábrica 13/5/97	Célula, membrana, núcleo, ADN, ARN, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, proteínas, lípidos, glúcidos, retículo endoplasmático liso, vacuolas, mitocondrias, reacciones metabólicas, lisosomas, orgánulo.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Sustancias, mitocondria, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, ATP, lisosomas, hialoplasma, peroxisoma, síntesis, lípidos, información genética, ribosoma, proteínas, vacuola, agua, glúcido, fermentación, energía, enzimas, α -oxidación, cloroplastos, división celular, membrana plasmática, aparato de Golgi, glucoproteínas, glucolípidos, pared celular.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, mitosis, meiosis, reproducción, información genética, metabolismo, lípidos, proteínas, glúcidos, ADN, ARN, β -oxidación, fermentación, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, citoplasma, membrana plasmática, aparato de Golgi, ribosomas, cloroplastos, mitocondrias, vacuolas, retículo endoplasmático, núcleo, fotosíntesis, ATP.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, vida, seres vivos, entropía, orgánulos, ácidos nucleicos, funciones vitales, reproducción, relación, nutrición, nucleolo, retículo endoplasmático, nucleoplasma, peroxisoma, núcleo, cromatina, centriolos, vacuola, hialoplasma, membrana plasmática, aparato de Golgi, lisosomas, cloroplastos, ARN, ADN, ribosomas, transcripción, traducción, síntesis de proteínas, proteínas, reacciones, procesos metabólicos, glúcidos, lípidos, nutrientes, ATP, energía.
Entrevista. 5/6/97	Entropía, funciones vitales, nutrición, reproducción, relación, células, organización, ser vivo, orgánulos, anabolismo, catabolismo, vida, metabolismo, reacciones químicas, haploide, vegetal, cromosomas, animales, núcleo, nucleolo, cromatina, retículo endoplasmático, cloroplastos, plasmólisis, ósmosis, proteínas, traducción, transcripción.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Mitocondrias , membrana endoplasmática, aparato de Golgi, núcleo, citoplasma, centriolos, retículo endoplasmático, nucleolo.	Membrana plasmática, núcleo, citoplasma, ribosomas, orgánulos, mesosomas, mitocondrias , órgano de Golgi.	Cloroplasto, orgánulo, membrana, membrana tilacoidal, estroma, tilacoide, citosol, hialoplasma.	Vacuolas, mitocondrias , retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vesículas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, núcleo, ribosomas, cloroplastos.	Membrana, mitocondria, aparato de Golgi, vesículas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, citosol, endomembranas, dictiosoma, citoplasma, lisosomas, núcleo, orgánulos, microcuerpos , vacuolas, centriolos, cloroplastos, citoesqueleto .	Membranas, citoesqueleto , orgánulo, núcleo, vacuola, citoplasma.	Cloroplastos, membranas, mitocondria, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, ribosomas, núcleo.	Cromosoma, núcleo, mitocondrias , citoplasma, orgánulos, envoltura nuclear, huso mitótico, microtúbulos , vesículas, aparato de Golgi, nucleolo, cinetócoros.	Membrana, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, retículo endoplasmático liso, vacuolas, mitocondrias , lisosomas, orgánulo.	Mitocondria, lisosomas, hialoplasma, peroxisoma, lisosoma, vacuola, cloroplastos, membrana plasmática, aparato de Golgi, pared celular.	Citoplasma, membrana plasmática, aparato de Golgi, ribosomas, cloroplastos, mitocondrias , vacuolas, retículo endoplasmático, núcleo.	Orgánulos, nucleolo, retículo endoplasmático, nucleoplasmático, peroxisoma, núcleo, centriolos, vacuola, hialoplasma, membrana plasmática, aparato de Golgi, lisosomas, cloroplastos, ribosomas.	Orgánulos, cromosomas, núcleo, nucleolo, retículo endoplasmático, cloroplastos.	AG8,centrilo 3,cinetócoro 1,ctq2,ctpl6,cts13,clpt8,cma2,dictioso ma1,envnucl 1,hlp13,huso mit1,liss4,m mbr11,mbrplasm4,mictotúb1,mitc9,núcl11,nuclo4, nucleoplasm a1,org8,paredcell1,peroxisoma2,RE8,REL1,RE2,rib7,vesc2.
Moléculas	ADN, ARN, nutrientes.	Agua, sales minerales, enzimas, ADN.	Glúcidos, ATP, lípidos, coenzima, agua, enzimas, nutrientes, monosacáridos.	ADN, ARN, nutrientes.	Lípidos, proteínas, enzimas, ATP, principios inmediatos, ácidos grasos.	Proteínas, principios inmediatos, aminoácidos, glúcidos, lípidos, enzimas, ATP.	Glúcidos, proteínas, lípidos, ARN.	Genes, ADN, proteínas, RNA, nucleóidos, enzimas, ácidos nucleicos, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, RNA transferente, RNA ribosómico, RNA mensajero.	ADN, ARN, proteínas, lípidos, glúcidos.	ATP, lípidos, proteínas, agua, glúcido, enzimas, glucoproteínas, glucolípidos.	Lípidos, proteínas, glúcidos, ADN, ARN, ATP.	Ácidos nucleicos, cromatina, ARN, ADN, proteínas, glúcidos, lípidos, nutrientes, ATP.	Cromatina, proteínas.	Acgr1,AN2, ADN7,agua3 ,aa1,ARN7, ATP6,coenz 1,cromat2,enz6,gen1,glúcl 8,líp9,monosac1,nutriente 4,PI3,prot9,sm1.
PROCESOS Mts.	-	Respiración celular.	Reacciones anabólicas, glicólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, catabolismo, autótrofo, heterótrofo,	Ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, glucólisis, fotosíntesis.	Ciclo de Krebs, β -oxidación, catabolismo, secreción, glucosidación, anabolismo.	Transcripción, ciclo de Krebs.	Metabolismo .	Secreción, procesos metabólicos.	Reacciones metabólicas.	Fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, síntesis, fermentación , α -oxidación.	Metabolismo , β -oxidación, fermentación , ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria,	Transcripción, traducción, síntesis de proteínas, procesos metabólicos.	Anabolismo, catabolismo, traducción, transcripción .	Anb2,autófl, â-ox1,cadresp3 ,cat3,cKrebs 5,fermet2fosforoxdva4,fo t3,glucogén1, glucógenogén1,glucólisis 1,glucosidaci

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
			fotosíntesis, neoglucogénesis, glucógenogénesis.								fotosíntesis.			ón1,heterófl,mtb3,reactmts1,resp1,resp1,secrec2,síntesis5,sprot1,traduc2,transcrp3.
Otros	Funciones.	Ósmosis.	-	-	Transporte, pinocitosis, fagocitosis, endocitosis.	Transporte, fagocitosis.	Transporte.	Mutaciones, diploide, meiosis, haploide, poliploidía, aneuploidía, recombinación genética, sobrecruzamiento, profase, paquiteno, funciones vitales, reproducción, reproducción asexual, reproducción sexual, división celular, mitosis, citocinesis, metafase, anafase, telofase, ciclo celular, ligamiento, delección, duplicación, inversión, traslocación.	-	División celular.	Mitosis, meiosis, reproducción, relación, nutrición.	Funciones vitales, reproducción, nutrición.	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, haploide, plasmólisis, ósmosis.	Anaf1,aneuploidía1,citocinesis1,delección1,diploide1,duplicación1,endocit1,euploidía1,fagocit2,funciones4,FV3.inversión1,meiosis2,metaf1,mitosis2,mutaciónes1,nut2,ósmosis2,pinocit1,plasmólisis1,prof1,rel2,rep4,rsex1,rsex1,sobrecruz1,telof1,transporte3.
CONCEPTOS GRALES:	Célula, organismo, reacciones químicas, energía, información genética, medio, organización.	Célula, vida, reacciones, materia, material genético, organismo, entropía, seres vivos, medio, procariotas, eucariotas,	Reacciones, entropía, energía, organismos, células, vegetales, animales, materia, seres vivos.	Célula, animal, vegetal, energía, sustancias.	Célula, reacciones químicas, animales, vegetales, materia, energía, organismo, procariotas, eucariotas, vida, seres	Plantas, célula, organismos, reacciones químicas, energía, respuesta.	Célula, energía.	Energía, medio, herencia, células, información genética, organismo.	Célula.	Sustancias, información genética, energía.	Célula, información genética.	Célula, vida, seres vivos, entropía, reacciones, energía.	Entropía, células, organización, ser vivo, vida, reacciones químicas, vegetal, animales.	Ani5,célula12,energía9,entropía4,eucariot2,herencia1,información4,informgen4,materia3,medio3,organismo6,organización2,planta1,procat2,react7,r

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
		vegetal, animal.			vivos, complejidad.									eacq4,respue sta1,svv5,vgt 5,vida4.
OTROS CONCEPs	-	-	-	Tejidos.	Autoensambl aje, fluidez, impermeabili dad, autosellado.	Especificidad , sistema inmunitario, linfocitos, respuesta celular, antígeno, epítipo, anticuerpos, inmunidad.	-	Fenotipo, genotipo, gameto, interfase, heterozigótic o.	-	-	-	-	-	Anticuerpo1, antígeno1,aut oensablj1,aut osell1,especi ficidad1,feno tipo1,fluidez 1,gameto1,ge notipo1,impe rmeabilidad1 ,inmunidad1,i nterfase1,linf ocito1,perme abilidad1,resp uesta1,respce l1,resp humo ral1,sistinmu tl,tejido1.
MODELO	A	C	C	B	C	C	B	C	D	D	B	C	C	C

Remedios opera a lo largo de casi todo el curso con lo que hemos categorizado como modelo C para comprender e interpretar la célula, si bien, en un primer momento construye únicamente un modelo de su estructura, no atribuyéndole a la misma ningún funcionamiento. Es un modelo en el que son bastante estables los elementos estructurales, tanto en términos organulares como bioquímicos, constituyendo o habiendo construido mentalmente una estructura sólida en la que curiosamente no se incorporan muchos elementos, no se amplía, si hacemos referencia a los conjuntos de entidades que Johnson-Laird define, el conjunto de entidades físicas en muchos "tokens"; pero sí que se amplían y se usan profusamente "tokens" relativos a las propiedades y características de dichos elementos, sobre todo y fundamentalmente, se construye y se amplía progresivamente un conjunto de relaciones e interacciones que son las que justifican el funcionamiento celular, se construye un conjunto constituido por procesos metabólicos y de otra naturaleza que son los que lo explican y se construye articulado y apoyado en los anteriores, es decir, se integra esta nueva y abstracta información en el modelo que Remedios ya poseía que era básicamente estructural. Esta alumna comprende la entidad célula como una entidad compleja en la que integra su estructura y su funcionamiento, estableciendo deducciones e inferencias consistentes y que suponen, precisamente, el concurso de ambos aspectos. Y es este modelo el que construye incluso tempranamente en el curso, advierte la complejidad de los procesos y su relación con las interacciones que se establecen entre ellos y sus sustratos físicos como un todo, pudiendo explicarlo con autonomía, con coherencia y aplicando significativamente, en términos de significado biológico, los conceptos que utiliza. Ha desarrollado, pues, poder predictivo y explicativo porque ha construido un modelo que se lo permite, modelo al que progresivamente le ha ido añadiendo conceptos, básicamente funcionales, ya que, como se comentó, en los referidos a orgánulos mantiene un catálogo más estable. Llama la atención, también, su concisión en el uso de los mismos pues no recurre a repetirlos mecánicamente e, incluso, es prudente en su uso en el sentido de que los selecciona adecuadamente y no se limita a utilizar largas relaciones de conceptos metabólicos, por ejemplo, sin coherencia y sin relación con las estructuras celulares, como ocurre en otros casos en los que se construyen modelos categorizados como modelos duales estructura/funcionamiento o B. Sin embargo, si bien genéricamente construye un modelo global para interpretar la célula, hay algunos momentos a lo largo del curso en los que opera construyendo otros modos de representación, otros modelos; ya se ha comentado que comienza con una idea de célula equiparable sólo a estructura y frente a determinadas demandas genera un doble modelo (uno para estructura y otro para funcionamiento) o, también, procesa un modelo global en el que usa imágenes. Analicemos los materiales de Remedios para ver en qué se apoyan las afirmaciones anteriores.

En el cuestionario inicial (22-10-96) ante la pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

responde con frases sueltas sin hilo conductor claro y no es capaz de delimitar nítidamente el significado de la entidad "célula".

*“Le hace falta ADN, es decir, capacidad de guardar información genética.
- ARN, la capacidad de funcionar o de vivir por sí sola, la capacidad de organización en ella y mantener su estructura.*

Para ser físicamente una célula le hace falta una membrana que la envuelva y la aisle del medio y una estructura permanente.

- Poder obtener energía por sí sola y mantener su propia estructura y mantenerse viva”.

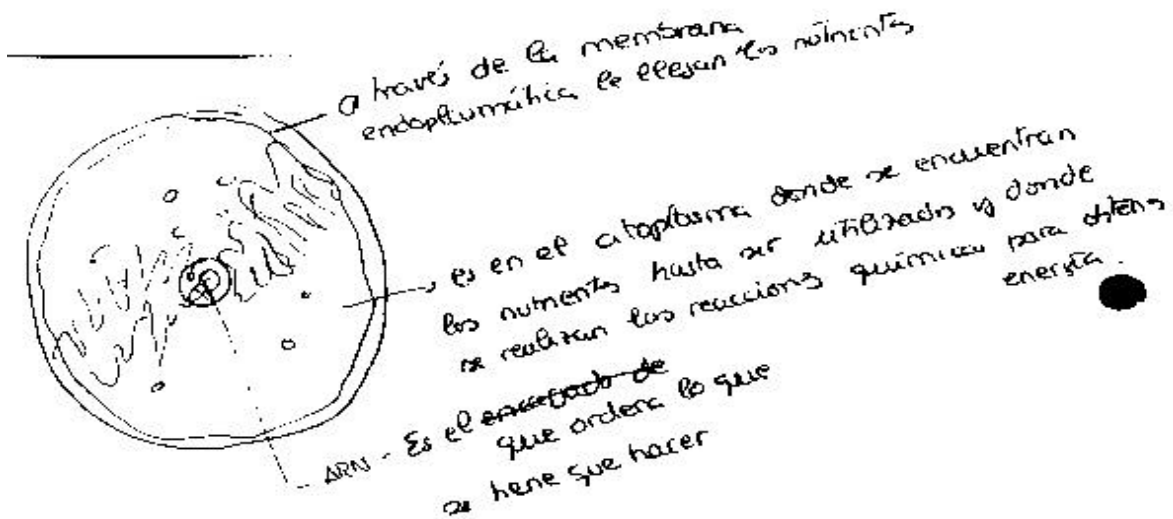
En el mismo cuestionario y ante la demanda:

- Aprovecha este espacio para explicar el funcionamiento que tú crees que tiene una célula.

termina diciendo:

“Exactamente no sé cómo funciona la célula”.

De hecho, cuando se le pide que lo dibuje, hace lo siguiente:



El examen de Origen de la Vida (18-11-96) en su primera pregunta solicita:

- ¿Consideras que la presencia en un tubo de ensayo de todas las moléculas de la materia viva nos daría como resultado una célula? Explica las razones en las que fundamentas tu opinión utilizando , al menos, cuatro de los ocho o diez posibles argumentos que hemos trabajado.

El último párrafo de Remedios dice.

“Con todos estos cabos sueltos, (sobre todo la capacidad de agrupación), aún hoy no se ha conseguido formar en laboratorio, teniendo las moléculas que forman parte de ella, una célula. La célula es tan compleja y organizada como tan inestable e improbable de que haya(n) surgido en otros lugares del Universo y menos de que seamos capaces de poder formar una”.

que da pie para pensar que está desarrollando o construyendo un modelo de interpretación, un intermediario, complejo, un análogo tan complejo como la propia célula, el mundo celular que se le está presentando, un modelo explicativo como muestra su explicación sobre lo que es una célula, en el mismo ejercicio:

“Según la teoría celular, la célula es la unidad estructural y fisiológica de todo organismo vivo. Es a partir del nivel celular cuando se comienza a hablar de vida. Según su composición existen células procariotas y eucariotas, y en este último grupo hay que diferenciar entre célula eucariota vegetal y célula procariota (!) animal.

Las formas de las células son extraordinariamente variables aunque habría, si cabe, hablar de una forma esférica primitiva que ha ido adaptando su forma según las funciones que realice. Las hay esféricas, ciliadas, alargadas, estrelladas, Su tamaño, también es muy variable, pero oscila entre 1-100µm.

La célula procariota se caracteriza, en líneas generales, porque no posee núcleo y el material genético se halla disperso por el centro del citoplasma (región nuclear), además en su citoplasma sólo se encuentran los ribosomas como orgánulos (aunque también pueden encontrarse gránulos de glucógeno, entre otras sustancias). La respiración celular se produce en los mesosomas, invaginaciones que presenta la membrana plasmática bacteriana. Suelen formar parte de los seres unicelulares, bacterias, cianofíceas y micoplasmas.

La célula eucariota sin embargo, sí posee núcleo donde se halla la mayor parte del ADN y en su citoplasma se pueden encontrar múltiples orgánulos como son: mitocondrias (donde se produce la respiración celular), órgano de Golgi, ..., etc”.

Pero no sólo desarrolla, con el modelo que ha construido, poder explicativo, sino que también adquiere gracias al mismo poder predictivo, un poder predictivo biológicamente correcto, como muestra su respuesta a la pregunta:

- “ En 1906, Gandhi ideó su primera campaña de resistencia no violenta, durante la cual mantuvo diferentes huelgas de hambre, consistentes en prolongados ayunos voluntarios. En España, recientemente, un grupo de personas solidarias con los habitantes del Tercer Mundo ha recurrido a este medio de protesta para solicitar un aumento del porcentaje del Producto Interior Bruto (PIB) (del 0,3% al 0,7%) que se destina a la ayuda de estas zonas desfavorecidas. La huelga de hambre no está exenta de riesgos por cuanto el organismo, aun en estado de reposo absoluto, consume una cantidad de energía ; es lo que se conoce como metabolismo basal”. (Rodríguez Álvarez y Cruz León).
- Haz un comentario crítico aprovechando lo que comenta el texto y tus conocimientos de Biología.
- ¿Por qué hay riesgos ? ¿cuáles son ?. Utiliza el mayor número de argumentos biológicos posible.

pregunta incluida en el ejercicio siguiente, centrado en los Glúcidos (9-12-96), una larga respuesta que, a pesar de ello, merece la pena transcribir por el uso de los argumentos utilizados:

“La posibilidad de que se pueda hacer huelgas de hambre viene facilitada por la reserva energética que tenemos en nuestro organismo, ya sea como glúcidos (en la sangre), glucógeno (en el hígado) o lípidos (en el tejido adiposo). Sin embargo esto conlleva un riesgo bastante importante. ¿Para qué comemos?. Lo hacemos para obtener energía a partir de materia orgánica y así poder mantener nuestras propias estructuras y vivir durante un determinado tiempo. La energía es necesaria durante las 24 horas diarias porque durante todo ese tiempo vivimos y realizamos, por tanto, reacciones metabólicas. Hacer huelga de hambre supone no suministrar al organismo materia orgánica de la que extraer energía, por tanto, debe tomarla de las reservas. Los riesgos son muchos y muy variado(s), deshidratación, inanición, carenciales vitamínicos e incluso la muerte (aunque no creo que nadie llegue a tal extremo). Las reservas que se tienen en el cuerpo depende(n) de quien se trate (pero no sólo necesitamos reservas, glúcidos o lípidos, en fin materia orgánica, sino también H₂O, enzimas, etc. ..., vitaminas), si estamos gordos, entonces tendremos mas reservas, pero si estamos delgado(s), no tenemos tantas posibilidades de mantenernos con vida durante un periodo de 5 ó 10 días en el que el individuo obeso sí ha podido vivir. Es por esto, biológicamente hablando, que no se puede decir, "me pongo en huelga de hambre hoy y hasta 5 días", porque corremos el riesgo de morir o sufrir consecuencias irreparables, (:) el ponerse en huelga de hambre es muy serio, y al hacerlo, uno tiene que ser consciente, y tomar, por ejemplo, en los días previos una dieta rica en nutrientes que nos proporcionen energía.

Otro argumento posible para explicar el riesgo de que se haga una huelga de hambre, puede ser el de "la entropía", es decir:

Nosotros vivimos, vamos en contra de la entropía, pero a costa de crear más caos, comemos, es decir, degradamos material orgánico. Al no tomar nutrientes, poco a poco vamos creando menos caos y por tanto, como última consecuencia debemos morir, ya que siempre se ha de ir a favor a (de) la entropía.

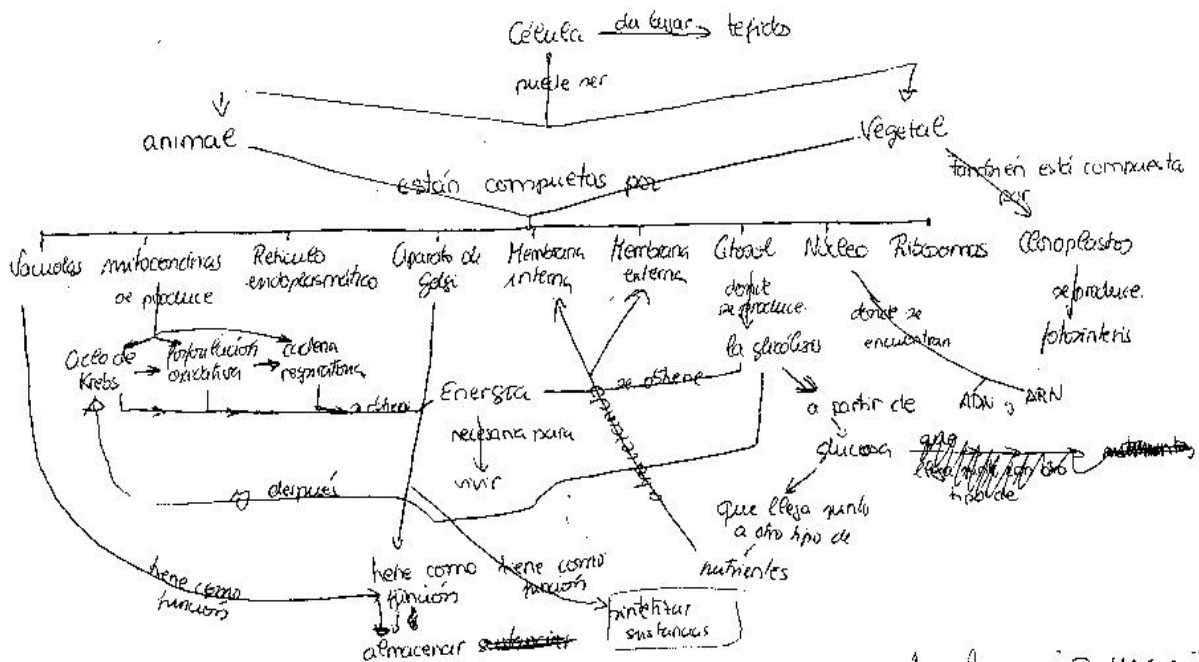
Sin embargo, que tomemos una dieta rica en nutrientes energéticos no es suficiente, porque aun así, los días en los que nos podríamos poner en huelga no son muchos y hay que ser consciente de ello.
 Personalmente creo que hay maneras más adecuadas de conseguir que suban el PIB”.

Llama la atención, sin embargo, y, por lo tanto, cabe la duda razonable al respecto, la forma en la que explica el concepto "metabolismo" ya que no usa ningún concepto relativo a la estructura celular y, ni tan siquiera, hace uso del concepto "ser vivo";

“Es un conjunto de reacciones de óxido-reducción que tienen como fin degradar o sintetizar biomoléculas con el fin de mantener nuestras propias estructuras e ir así, en contra de la entropía localmente. Al producirse estas reacciones, lo más importante es obtener energía necesaria para el fin (es decir, mantener las estructuras **P** mantenernos vivos **P** vivir). Las reacciones de óxidoreducción se dividen en 2 tipos: las reacciones anabólicas aquellas reacciones que sintetizan biomoléculas (glúcidos) y las reacciones catabólicas (aquellas reacciones que degradan las biomoléculas. También cabría destacar que existen reacciones exergónicas, con "desprendimiento" de energía, y reacciones endergónicas, que para que se produzcan es necesario un aporte de energía”.

¿Podríamos interpretar esta respuesta como ausencia de un modelo global estructura/funcionamiento y, consecuentemente, como producto de repetición mecánica de información? A juzgar por la fluidez del discurso y por su coherencia e, incluso, por la forma en la que aplica los conceptos que usa, no parece ésta la interpretación más consistente, ya que se muestra una organización autónoma de la información, una forma no libresca de manejarla más propia de modelos explicativos, más relacionada con la comprensión de las entidades y de los procesos.

Los mapas conceptuales son las tareas frente a las cuales Remedios parece construir un modelo menos integrado, menos global, hasta un modelo doble o dual que se define, como hemos dicho, por una representación para estructura y otra para funcionamiento de la misma entidad, de la misma realidad llamada célula. El primero que ha elaborado (9-1-97) es un buen ejemplo de ello:



Muestra una selección arbitraria, con relaciones muy simples que dan lugar a proposiciones poco significativas desde el punto de vista científico, un mapa que responde a una jerarquía libresca (si bien la organización del contenido seleccionado para la asignatura no responde a eso) y en el que se observan marcadamente delimitados dos niveles: uno de estructuras y otro de aspectos metabólicos. Estos dos niveles vuelven a integrarse en un modelo global, en una representación única a juzgar por el siguiente texto para explicar la célula en el examen de Lípidos (26-2-97):

“La célula es la unidad estructural y funcional de todo organismo. Existen distintos tipos, procariotas, eucariotas y dentro de este último grupo, células animales y vegetales.

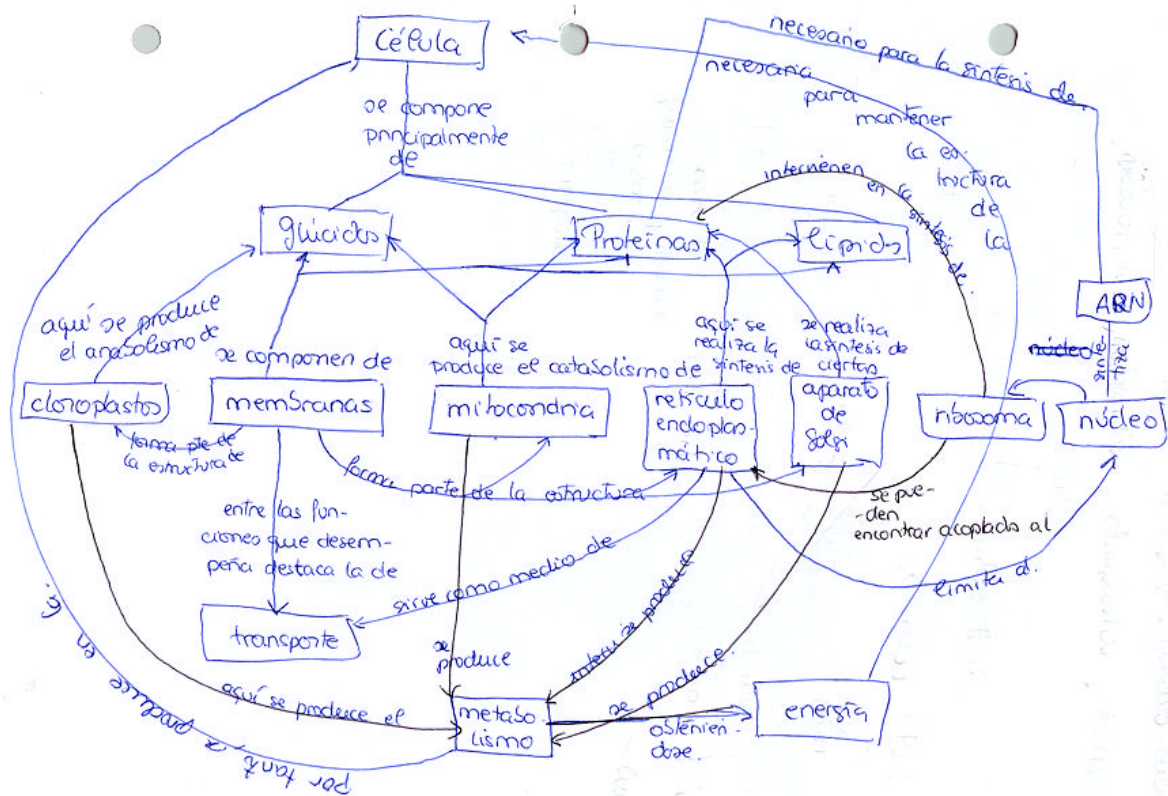
Las células procariotas son propias de organismos unicelulares, no poseen núcleo ni la mayor parte de orgánulos. Sin embargo las células eucariotas poseen núcleo y una serie de orgánulos: aparato de Golgi, R.E.R., R.E.L., lisosomas, microcuerpos, vacuolas, centriolos, cloroplastos (sólo cél. Vegetales), etc. Todos y cada uno de los orgánulos así como también la membrana plasmática, el citoesqueleto, el citoplasma, etc. cumplen unas determinadas funciones ya sean metabólicas o no. Es en la célula donde se producen las reacciones de catabolismo y anabolismo de los principios inmediatos orgánicos, donde se sintetizan las hormonas, etc., etc.

En fin, la célula es la unidad de la vida, está constituida y sintetiza a su vez por materia orgánica, forman los tejidos, los órganos, los aparatos y en último término a los seres vivos, a todos los seres vivos”.

Es una pena desperdiciar las producciones de Remedios y, en ese sentido, aun teniendo conciencia de su densidad y de que son párrafos largos, se transcribe lo que se interpreta como otro clarísimo ejemplo de ese modelo global que se está intentando demostrar que tiene esta estudiante, extraído del siguiente examen (Proteínas, 14-3-97) en el que nuevamente se pone de manifiesto cómo dicho modelo la ha dotado de poder explicativo y predictivo:

“Muchas de las reacciones químicas que se producen, bueno, en realidad todas, son de vital importancia para la célula, si no existieran las enzimas estas reacciones se realizarían muy lentamente, en ocasiones tardarían demasiado. ¿Qué pasaría con el funcionamiento de la célula? Sin duda se desequilibraría. Pongamos el ejemplo de las reacciones que se producen por ejemplo en el ciclo de Krebs. Todas estas reacciones están catalizadas enzimáticamente. Si no fuera sí, si se dejara que estas reacciones se produjeran naturalmente, puede que la primera reacción se produzca relativamente rápido, pero la segunda puede que tarde mucho más y la otra tarde aún más; esto sucedería en una sola vuelta al ciclo pero diariamente se degradan infinidad de moléculas de acetil-CoA para obtener el ATP necesario para que la célula mantenga sus estructuras. Lo que pasaría es que la producción de ATP disminuiría pudiendo incluso llegar a morir el complejo celular”.

¿Por qué si está operando en términos generales con un modelo global explicativo y predictivo, no lo hace frente a los mapas conceptuales como tarea cognitiva? Ya hemos visto el primero de ellos. Es cierto que en el segundo y en el tercero hace una selección muy distinta ya que es adecuada y consistente, uniendo los conceptos con relaciones más explicativas y no tan simples como en aquella ocasión; lo es, también, que establece proposiciones que son mucho más significativas, en el sentido ya expuesto, y que, por lo tanto, se ha producido una reestructuración conceptual que la lleva a ser capaz de ese cambio en relación con el primero de los mapas. Pero es cierto, también, que, si bien hay cambios y, en todo caso, es discutible, se observa una jerarquización libresca que hace gala de una separación, nuevamente, entre lo que es la estructura y lo que es el funcionamiento. Veamos el segundo mapa:



En todo caso, es evidente que su modelo de célula ha evolucionado, que ha construido un modelo que la dota de poder predictivo y explicativo y en el que es capaz de establecer nuevas conexiones, nuevas relaciones que mejoran su análogo de esa entidad tan compleja que es la célula y que lo hace porque desarrolla y establece revisión recursiva de la información que ha recibido y procesado y que le posibilita su comprensión. Es una comprensión, ésa, global, una comprensión de los elementos que la constituyen, de sus características, de sus propiedades, de sus relaciones e interacciones, en definitiva, es una comprensión de los tres conjuntos ya comentados que genera una explicación global, de conjunto, de la estructura y del funcionamiento celular como un todo que está muy lejos de ser una explicación o un funcionamiento-suma de lo que hace cada parte, como queda de manifiesto en la interpretación que hace del símil de la fábrica (13-5-97), interpretación en la que, incluso parece estar usando mentalmente imágenes a juzgar por el uso que hace de las analogías. Nuevamente el texto es largo pero merece la pena:

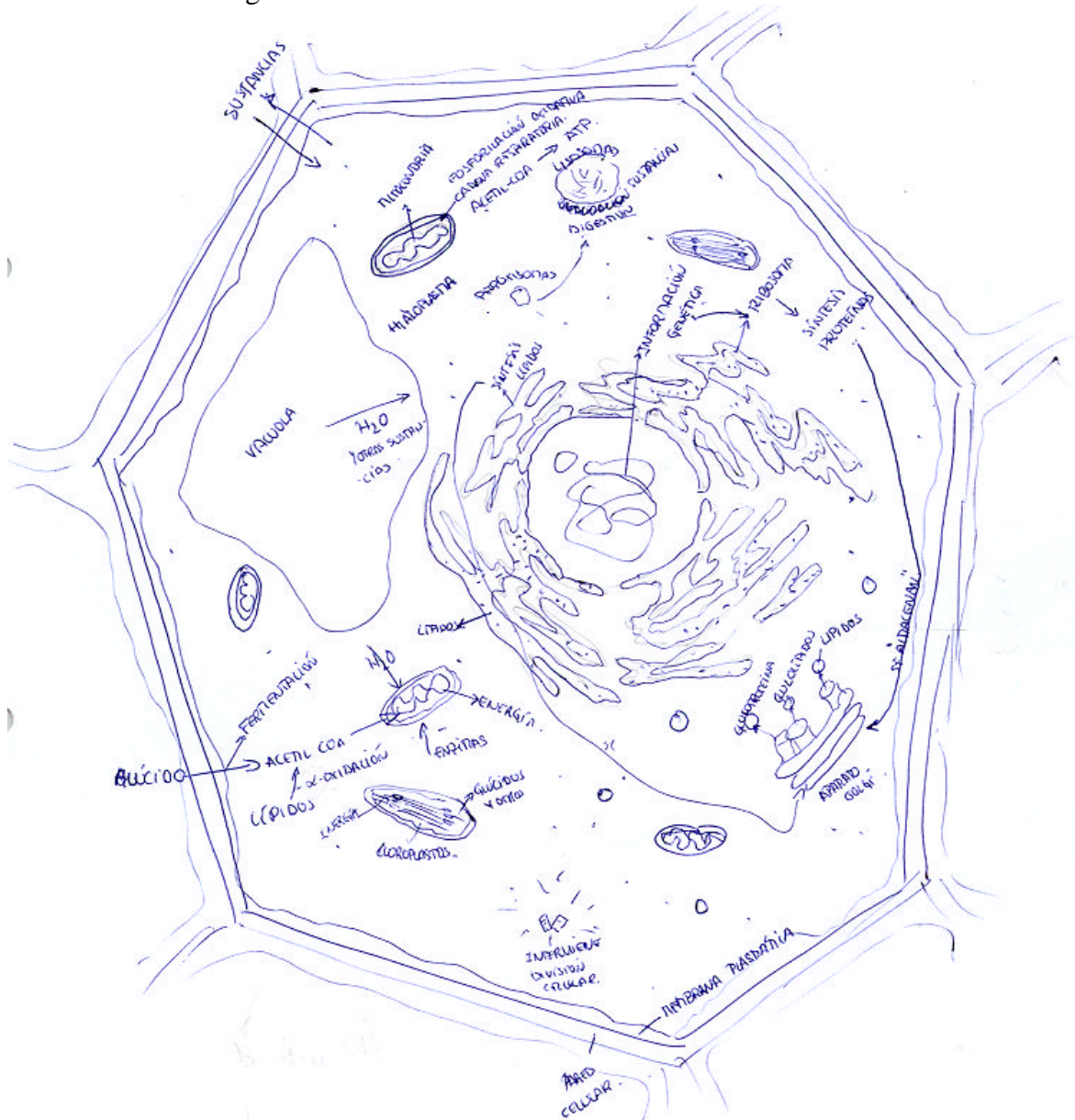
“Este dibujo refleja muy simple y esquemáticamente el funcionamiento de la célula y su estructura: la membrana se encarga de seleccionar los materiales que entran en ella, el núcleo (más bien el ADN y ARN) es el encargado de controlar el funcionamiento de toda la estructura, es, como bien se ve en el dibujo, la “computadora” que rige todas las máquinas de la empresa, que es la célula. El retículo endoplasmático rugoso y los ribosomas son los encargados de fabricar nuestro propio producto (proteínas, lípidos, glúcidos, etc) y el retículo endoplasmático liso de llevarlos (más bien de dirigirlos) hacia las vacuolas de almacenamiento de donde se tomarán cuando sea necesario. Es en la mitocondria donde se le saca el mayor beneficio a los productos fabricados o a los materiales que llegan a la célula y son divididos en sus componentes esenciales por las vacuolas digestivas; en la mitocondria, estos productos serán catalizados mediante reacciones de oxidación-reducción (reacciones metabólicas) hasta obtenerse el mayor rendimiento energético. Por último están los lisosomas que hacen el mismo trabajo que las vacuolas digestivas (¿?).

La célula, como una empresa, trabaja muy sincronizadamente, como lo hacen los trabajadores de una empresa, cada uno realiza una parte del trabajo. Sin embargo con este

dibujo parece que es muy simple, pero a mi me ha resultado, al estudiarlo, extremadamente complejo. La estructura, sus partes, sus componentes, está en estrecha conexión con la función que ejerce, pero no se puede resumir diciendo que cada orgánulo cumple una sola función sino muchas y muy complejas.

De todas formas, como síntesis de lo que es una célula, es un magnífico símil”.

Y ya en lo anterior se advierte la posibilidad de que Remedios esté usando imágenes también como modos de representación. Frente a la demanda de hacer un dibujo que plasme la estructura y el funcionamiento de una célula (19-5-97), esta alumna elabora lo siguiente:



Es un dibujo más identificativo que explicativo y es un dibujo que contiene elementos muy librescos, pero con el uso de palabras y de flechas, incorpora cierto dinamismo celular; es clarísima la diferencia con respecto a lo que ya hiciera en el primer cuestionario.

¿Ha evolucionado el modelo de célula que tiene construido Remedios? Ella así parece admitirlo en el cuestionario final (29-5-97):

“El estudiar la célula me ha servido para cambiar totalmente mi opinión, mi visión sobre la célula. Para mí, solamente era una parte, la parte más pequeña de la célula (!), ahora sé que no es para nada eso, es la unidad de la vida, tan complicado o más su funcionamiento como su definición y es que está compuesta de tantas cosas y realiza tantas funciones que, en mi opinión, si vas a explicar lo que es la célula, por mucho que escribas, siempre te quedará algo que nombrar. Con el estudio de la célula he llegado a comprender (más o menos) el funcionamiento de los seres vivos particularmente (individuo), conjuntamente e incluso universalmente (entropía)”.

Ha desarrollado, como ella misma dice, comprensión de una entidad dinámica muy compleja que ya para ella no es "una parte", una comprensión global que, en todo caso, si bien a veces parece usarlas, no se apoya o no opera con imágenes de manera generalizada, como vemos ante la demanda:

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?

Su respuesta es:

“En realidad no sabría dibujar la célula de tal manera para representar su complicado funcionamiento”.

La entrevista final (5-6-97) confirma la interpretación anterior; Remedios muestra dificultades a la hora de generar imágenes para varios conceptos biológicos y cuando las genera, lo hace por repetición mecánica de libros. "Su célula", como ella expresa, no está tan llena como la foto de microscopía electrónica que se le presenta, pero "su célula" le permite identificar e inferir, interpretar, en definitiva, dicha foto. No tiene un modelo gráfico de cómo funciona una célula, no genera una imagen para esto, pero sabe cómo se produce la dinámica celular y la comprende porque ha construido un modelo global, conciso y sin exagerar en el uso de los conceptos específicos, pero global, explicativo y predictivo, como muestra ella misma:

Remedios : yo creo que ... ¡eh ! antes sólo tenía la idea principal, ahora lo que he hecho es integrar pero he integrado tanto que casi ... he borrado lo que tenía antes.

ML : ¿¡ah ! sí ? ...

Remedios : ... ¡mjem ! ... bueno sí, pues sí, integrando.

ML : ¿sí ?

Remedios : es que ...

ML : así, a palo seco, cualquiera te pregunta cómo funciona una célula y tú serías capaz de explicar incluso ejemplificado con dibujos.

Remedios : sí, ¡no ! (Risitas) nooo, no tal pero ... yo cre, algo sí le explicaría.

El análisis y la interpretación de las producciones y verbalizaciones de Remedios nos ha permitido establecer inferencias y deducciones sobre su modo de pensar sobre y acerca de la célula, sobre el modelo que ha ido construyendo y reconstruyendo a lo largo del curso. Los ejemplos seleccionados dan pie para pensar que, efectivamente, se trata de un modelo C, modelo que se ha categorizado como modelo integrado de estructura y funcionamiento que no se caracteriza por usar imágenes, si bien en algunos momentos parece utilizarlas, y en el que establece inferencias y deducciones consistentes con muestras y signos de causalidad, como ha quedado de manifiesto. Su modelo mental es un modelo único que atiende indistinta e integradamente tanto a estructura como a comportamiento celular, un análogo estructural como intermediario frente a este contenido que la ha dotado de comprensión en la medida en que le permite explicar y predecir, como se ha mostrado con sus propios datos.

ANEXO N° 15:

BEGOÑA

NOMBRE: Begoña

CURSO: COU A

FECHA: 29-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Células, seres vivos, membrana, núcleo, mitocondria, vacuolas, eucarióticas, procarióticas, organización, vida, funciones vitales, material genético, entropía, ácidos nucleicos, proteínas, aparato de Golgi, nucleolo, ribosomas, ARN mensajero, ARN transferente, energía, enzimas.	Célula, materia, organismo, orgánulos, reacciones, energía, ser vivo, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, membrana plasmática, núcleo, mitocondria, metabolismo, vegetal, animal, membrana nuclear, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, ribosomas, aparato de Golgi, dictiosomas, vacuola, lisosoma, cloroplasto, grana, hialoplasma, síntesis proteica, ATP, anabolismo, catabolismo.	Células, seres vivos, materia, funciones, vida, energía, entropía, principios inmediatos, orgánulos, división, núcleos, cromatina, ácidos nucleicos.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor; ej: preg. 4 y 6)	Simple y pobre (Ej: preg. 6)	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica (Ej: preg. 6: ¡frase idéntica!)	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (1º y 3º) no uso (2º)	Uso (3º) No uso (1º y casi 2º)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido. Azúcar. • Lípido: grasa de la comida. • Energía: músculos. • Célula: dibujo de una célula. • Meiosis: división de núcleos. • Reproducción: una embarazada. • Ser vivo: una persona. • Nutrición: aparato digestivo. • Relación: amigos hablando.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres (¡pero hace algunas! foto)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • funciona como una fábrica con sus empleados en los que cada uno hace un trabajo específico. Extrabiol./repetición de clase. • En preg.6: los cimientos de la casa sirven para apoyar el tejado y sin ellos el tejado no se mantendría; si eliminamos un tabique, una determinada pared se viene abajo. Extrabiol./autónoma -¡pero no refiere a célula los elementos! 	<ul style="list-style-type: none"> • se puede representar como una gran fábrica con una serie de eslabones y trabajadores que realizan distintas funciones. Los trabajadores serían los orgánulos encargados cada uno de realizar una función determinada de cada uno de ellos. Cada trabajador de la célula se relaciona con otros pudiendo realizar juntos un trabajo (reacciones) y la obtención de materia prima = energía. Extrabiol./repetición de clase. 	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- ¡ojo! No hace referencias a célula y en 7 conceptos ni siquiera genera imagen, aunque no sea biológica.
- Pág. 4 A: " a mi esto no me dice nada" (foto de M.E.).
- Pág. 5 A: tiene un dibujo de célula en la mente. La foto no se parece a su representación ; la foto no es una representación de la célula. Más tarde; no sabe si tiene una imagen de célula. "El dibujo que yo tengo es igual" al de principio de curso. No tiene un modelo de funcionamiento.
- Pág. 6: no ha variado su modelo de célula.
- Pág. 8 A: tiene incorporada la información en la cabeza. Ideas sueltas.

NOMBRE: Begoña

CURSO: COU A

FECHA: 29-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, célula animal, célula vegetal, mitocondria, cloroplastos, fermentación, fosforilación oxidativa, glucólisis, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, fotosíntesis, mediante transformaciones químicas, fase luminosa, fase oscura, ATP, energía, transforma el dióxido de carbono en O ₂ , transforma el O ₂ en dióxido de carbono.	Célula, animal, vegetal, sistema inmunitario, enzimas, cloroplastos, mitocondria, anticuerpo, antígeno, apoenzima, holoenzima, núcleo, ribosomas, material genético, energía.	Eucariota, animal, célula, procariota, vegetal, virus, bacteria, cloroplastos, núcleo, hialoplasma, membrana plasmática, principios inmediatos, orgánicos, inorgánicos, mitocondria, vacuola, ribosoma, aparato de Golgi, lisosomas, retículo endoplasmático, agua, sales minerales, lípidos, glúcidos, ADN, ARN, ácidos nucleicos, proteínas, reacciones químicas, energía, mitosis, meiosis, metabolismo, 2 cél. 2n, 4 cél. n, anabolismo, catabolismo, diploide, haploide, β-D- ribosa, β-D-desoxirribosa, información genética.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria (Ej: sistema inmunitario)	Arbitraria (aunque menos; ej: 2 cél. 2n o 4 cél. n)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro (definición, citología -¡pobre! , metabolismo)	Ausente	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	Varios errores importantes en la explicación. Ubicación incorrecta de glucólisis. No localiza correctamente los procesos.	Células vegetales con cloroplastos y células animales con mitocondrias. Problemas de comprensión global: obtiene energía por distintos procesos ⇐ no se entiende el funcionamiento y no se localiza.	La explicación, además de tener errores, responde a frases sueltas y no hay integración estructura/función.

NOMBRE: Begoña

CURSO: COU A

FECHA: 29-7-98

CRITERIOS	SÍMIL	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, lisosomas, vacuola, mitocondria, transformaciones químicas, energía, información, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, núcleo.	Proteínas, ósmosis, medios, enzimas, reacciones, organización, orgánulos, célula, organismos, energía, seres vivos, vida, metabolismo, procariota, eucariota, núcleo, citoplasma, membrana, mitosis, meiosis, cromosomas, transporte de animal, vegetal, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, ADN, nucleolo, agua, transporte, información genética.	Energía, glúcidos, organismo, célula, nutrientes, glucólisis, citosol, ATP, enzimas, reacciones, ciclo de Krebs, agua, biosíntesis, membrana citoplasmática, mesosomas, eucariotas, mitocondrias, transporte de electrones, anaerobio, vegetales, fotosíntesis.	Aparato de Golgi, vesículas, mitocondrias, citosol, energía, ATP, membranas mitocondriales, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, nucleótidos, metabolismo, glúcidos, lipogénesis, organismos, lípidos, células, eucarióticas, dictiosomas, citoplasma, ribosomas, cloroplastos, retículo endoplasmático liso, secreción, vegetales, proteínas, membranas, retículo endoplasmático, lisosomas, orgánulos, animal, procariótica, transporte, ácidos grasos, excreción, agua.	Proteínas, catálisis, reacciones, membranas, microtúbulos, fibrillas, cilios, ADN, flagelos, enzimas, seres vivos, holoenzima, apoenzima, cofactor, aminoácidos, ARN mensajero, traducción, núcleo, ribosomas, energía, ARN transferente, codón, organismo, sistema inmunitario, fagocitos, células, citoplasma, antígeno, anticuerpos, respuesta inmunitaria.	Profase, mitosis, paquiteno, cromátidas, cromosomas, sobrecruzamiento, recombinación, ser vivo, reproducción, reproducción sexual, organismos, célula, gametos, cigoto, sexo, mutación, homocigótico, nucleótidos, gen, diploide, ADN, ARN, eucarióticas, núcleo, proteínas, transcripción, citoplasma, información, huso acromático, metafase, membrana nuclear, anafase, telofase, meiosis, haploides, interfase, centrómero, leptoteno, cigoteno, diploteno, división celular, ácidos nucleicos, heterocigótico, codominancia, herencia, fenotipo, genotipo, ARN mensajero, ARN transferente, duplicación.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre (Ej: preg. 7, 8 y 9)	Simple y pobre (generalmente usa frases sueltas)	Coherente y con aplicación (discurso correcto)	Simple y pobre (problemas de expresión)	Simple y pobre (Ej: preg. 4)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica (del dibujo)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica (Ej: β-oxidación y glicerosfolípidos; contesta lo que no se pregunta)	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (del dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento (no deriva las funciones)	No establecimiento	No establecimiento (¡no razona nada en pcd!)	No establecimiento (no preg. Pcd)	No establecimiento (¡no predice ni explica nada!) (Ej: preg. 5 - enzimas-).	No establecimiento
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (sin embargo: mitocondria como una gran fábrica ¡está en el dibujo! O mercancía como lo que va de un lado a otro)	No se detectan	No se detectan	es como una fábrica donde la célula es la dirección por donde los diferentes procesos nos dan la capacidad para vivir. Extrabiol./repeti. clase (¡de octubre!)	No se detectan	No se detectan
	No hay comprensión; cosas sin sentido. No usa nada de funcionamiento	Error grave con procariota.	Metabolismo: ausencia total de comprensión. Error grave: no comprensión del funcionamiento.	Célula: frases sueltas: estructuras, procesos y síntesis de sustancias pero no tienen nada que ver estas tres cosas.		Error grave: sobrecruz. en mitosis ← no comprensión. Ausencia de modelo, de comprensión del funcionamiento. (Ej: preg. 4).

NOMBRE: Begoña

CURSO: COU A

FECHA: 29-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Célula, eucariótica, aparato de Golgi, membrana plasmática, núcleo, nucleolo, ARN transferente, ARN mensajero, ribosomas, mitocondrias. • No hace 2º dibujo.	<ul style="list-style-type: none"> no hace 1º dibujo. Prácticamente no hace nada en el 2º dibujo. Célula, animal, vegetal, membrana nuclear, nucleolo, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, ribosomas, aparato de Golgi, dictiosoma, vacuola, lisosoma, mitocondria, grana, cloroplasto.	Membrana, ribosoma, mitocondria, lisosoma, digestión, peroxisoma, vacuola, DNA, oxidación, ciclo de Krebs.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (; y si acaso!)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación	Identificación (¡sólo hay un comentario de función y es incompleto -oxidación /ciclo de Krebs!)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático.

NOMBRE: Begoña

CURSO: COU A

FECHA: 29-7-98

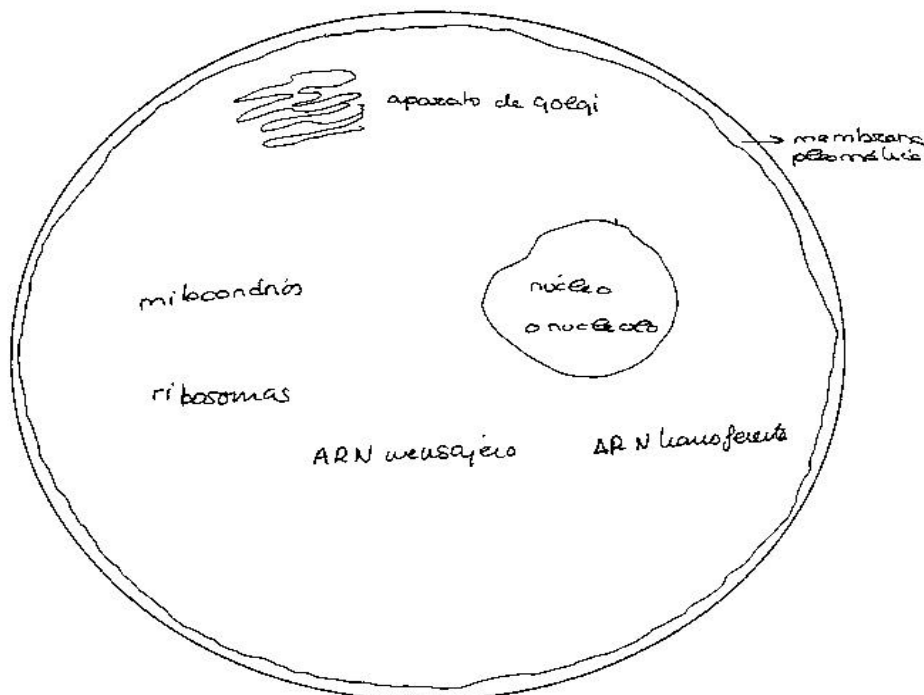
INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Células, seres vivos, membrana, núcleo, mitocondria, vacuolas, eucarióticas, procarióticas, organización, vida, funciones vitales, material genético, entropía, ácidos nucleicos, proteínas, aparato de Golgi, nucleolo, ribosomas, ARN mensajero, ARN transferente, energía, enzimas.
Origen de la vida 18/11/96	Proteínas, ósmosis, medios, enzimas, reacciones, organización, orgánulos, célula, organismos, energía, seres vivos, vida, metabolismo, procariota, eucariota, núcleo, citoplasma, membrana, mitosis, meiosis, cromosomas, animal, vegetal, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, ADN, nucleolo, agua, transporte, información genética.
ex. GLUC. 9/12/96	Energía, glúcidos, organismo, nutrientes, célula, glucólisis, citosol, ATP, enzimas, reacciones, ciclo de Krebs, agua, biosíntesis, membrana citoplasmática, mesosomas, eucariotas, mitocondrias, transporte de electrones, anaerobio, vegetales, fotosíntesis.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, célula animal, célula vegetal, mitocondria, cloroplastos, fermentación, fosforilación oxidativa, glucólisis, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, fotosíntesis, mediante transformaciones químicas, fase luminosa, fase oscura, ATP, energía, transforma el dióxido de carbono en O ₂ , transforma el O ₂ en dióxido de carbono.
Ex. LÍP. 26/2/97	Aparato de Golgi, vesículas, mitocondrias, citosol, energía, ATP, membranas mitocondriales, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, nucleótidos, metabolismo, glúcidos, lipogénesis, organismos, lípidos, células, eucarióticas, dictiosomas, citoplasma, ribosomas, cloroplastos, retículo endoplasmático liso, secreción, vegetales, proteínas, membranas, retículo endoplasmático, lisosomas, orgánulos, animal, procariótica, transporte, ácidos grasos, excreción, agua.
Ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, catálisis, reacciones, membranas, microtúbulos, fibrillas, cilios, ADN, flagelos, enzimas, seres vivos, holoenzima, apoenzima, cofactor, aminoácidos, ARN mensajero, traducción, núcleo, ribosomas, energía, ARN transferente, codón, organismo, sistema inmunitario, fagocitos, células, citoplasma, antígeno, anticuerpos, respuesta inmunitaria.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, animal, vegetal, sistema inmunitario, enzimas, cloroplastos, mitocondria, anticuerpo, antígeno, apoenzima, holoenzima, núcleo, ribosomas, material genético, energía.
Ex. AN. 12/5/97	Profase, mitosis, paquiteno, cromátidas, cromosomas, sobrecruzamiento, recombinación, ser vivo, reproducción, reproducción sexual, reproducción asexual, organismos, célula, gametos, cigoto, sexo, mutación, homocigótico, nucleótidos, gen, diploide, ADN, ARN, eucarióticas, núcleo, proteínas, transcripción, citoplasma, información, aminoácido, huso acromático, metafase, membrana nuclear, anafase, telofase, meiosis, haploides, interfase, centrómero, leptoteno, cigoteno, diploteno, división celular, ácidos nucleicos, heterocigótico, codominancia, herencia, fenotipo, genotipo, ARN mensajero, ARN transferente, duplicación.
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana, célula, lisosomas, vacuola, mitocondria, transformaciones químicas, energía, información, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, núcleo.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Membrana, ribosoma, mitocondria, lisosoma, digestión, peroxisoma, vacuola, DNA, oxidación, ciclo de Krebs.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Eucariota, animal, célula, procariota, vegetal, virus, bacteria, cloroplastos, núcleo, hialoplasma, membrana plasmática, principios inmediatos, orgánicos, inorgánicos, mitocondria, vacuola, ribosoma, aparato de Golgi, lisosomas, retículo endoplasmático, agua, sales minerales, lípidos, glúcidos, ADN, ARN, ácidos nucleicos, proteínas, reacciones químicas, energía, mitosis, meiosis, metabolismo, 2 cél. 2n, 4 cél. n, anabolismo, catabolismo, diploide, haploide, β-D- ribosa, β-D-desoxirribosa, información genética.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, materia, organismo, orgánulos, reacciones, energía, ser vivo, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, membrana plasmática, núcleo, mitocondria, metabolismo, vegetal, animal, membrana nuclear, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, ribosomas, aparato de Golgi, dictiosomas, vacuola, lisosoma, cloroplasto, grana, hialoplasma, síntesis proteica, ATP, anabolismo, catabolismo.
Entrevista. 5/6/97	Células, seres vivos, materia, funciones, vida, energía, entropía, principios inmediatos, orgánulos, división, núcleos, cromatina, ácidos nucleicos.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Membrana, núcleo, mitocondria, vacuolas, aparato de Golgi, nucleolo, ribosomas.	Orgánulos, núcleo, citoplasma, membrana, cromosomas, nucleolo.	Citosol, membrana citoplasmática, mesosomas, mitocondria.	Mitocondria, cloroplastos.	Aparato de Golgi, vesículas, mitocondrias, citosol, membranas mitocondriales, matriz mitocondrial, dictiosomas, citoplasma, ribosomas, cloroplastos, retículo endoplasmático liso, membranas, retículo endoplasmático, lisosomas, orgánulos.	Membranas, microtúbulos, fibrillas, cilios, flagelos, núcleo, ribosomas, citoplasma.	Cloroplastos, mitocondria, núcleo, ribosomas.	Cromosomas, núcleo, citoplasma, huso acromático, membrana nuclear, centrómero.	Membrana, lisosomas, vacuola, mitocondria, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, núcleo.	Membrana, ribosoma, mitocondria, lisosoma, peroxisoma.	Cloroplastos, núcleo, hialoplasma, membrana plasmática, mitocondria, vacuola, ribosoma, aparato de Golgi, lisosomas, retículo endoplasmático.	Oránulos, membrana plasmática, núcleo, mitocondria, membrana nuclear, nucleolo, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, aparato de Golgi, dictiosomas, vacuola, lisosomas, cloroplasto, grana, hialoplasma.	Orgánulos, núcleos.	AG4,centrómero1,ctpl4, cts2,cltpt5,crma2,dictioso ma2,fgl1,grana1,hpl2,hus oacr1,liss5,m atrizmit1,mm br10,mmbrci toplas1,mmbr nucl2,mmbr plasm2,micr otúb1,mitc9, núcl9,nuclo3, org3,peroxis oma1,RE4,REL2,RE2,ri b8,vesc1.
Moléculas	Ácidos nucleicos, proteínas, ARN mensajero, ARN transferente, enzimas, material genético.	Proteínas, enzimas, ADN, agua.	Glúcidos, nutrientes, ATP, enzimas, agua.	ATP, O ₂ , dióxido de carbono.	ATP, nucleótidos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos grasos, agua.	Proteínas, ADN, enzimas, holoenzima, apoenzima, cofactor, aminoácidos, ARN mensajero, ARN transferente, codón.	Enzimas, apoenzima, holoenzima, material genético.	Cromátidas, nucleótidos, gen, ADN, ARN, proteínas, aminoácido, ácidos nucleicos, ARN mensajero, ARN transferente.	-	DNA.	Principios inmediatos, agua, sales minerales, lípidos, glúcidos, ADN, ARN, ácidos nucleicos, proteínas.	ATP.	Principios inmediatos, cromatina, ácidos nucleicos.	Acgr1,AN4, ADN4,agua4 ,aa1,apoenz2 ,ARN4,ARN m3,ARNt3,ATP4,cofactor 1,cromát11,enz5,gen3,glú c3,líp2,nucle ótido2,nutrie nte1,PI2,prot 6,sm1.
PROCESOS Mts.	-	Metabolismo	Glucólisis, ciclo de Krebs, biosíntesis, transporte de electrones, anaerobio, fotosíntesis.	Fermentación, fosforilación oxidativa, glucólisis, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, fotosíntesis.	Ciclo de Krebs, metabolismo, lipogénesis, secreción, excreción.	Catálisis, traducción.	-	Transcripción, duplicación.	-	Digestión, oxidación, ciclo de Krebs.	Metabolismo, anabolismo, catabolismo.	Metabolismo, síntesis proteica, anabolismo, catabolismo.	-	Anb2,anaerb 1,cadresp1,ca t2,catálisis1,c Krebs4,diges t1,duplicació n1,fermet1,ff ox1,ftst2,glu cólisis2,lipog én1,mtb4,sec rec1,síntesis3 ,sprot1,tradu c1,transcrip1.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
Otros	Funciones vitales.	Ósmosis, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, transporte, mitosis, meiosis.	-	-	Transporte.	-	-	Profase, mitosis, paquiteno, sobrecruzamiento, recombinación, reproducción, reproducción sexual, reproducción asexual, homocigótico, diploide, metafase, anafase, telofase, meiosis, haploide, leptoteno, cigoteno, diploteno, división celular.	-	-	Mitosis, meiosis, diploide, haploide.	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción.	Funciones, división.	Anaf1,diplote2,diploteno1,funciones4,FV3,meiosis3,metaf1,mitosis3,nut2,ósmosis1,prof1,rel2,rep3,rasex1,rsex1,sobrecruz1,telof1,transporte2.
CONCEPTOS GRALES:	Células, seres vivos, eucarióticas, procarióticas, organización, vida, entropía, energía.	Medios, organización, reacciones, célula, organismos, seres vivos, energía, vida, procariota, eucariota, animal, vegetal, información genética.	Energía, organismo, célula, reacciones, eucariotas, vegetal.	Célula, animal, vegetal, transformaciones químicas, energía.	Energía, organismos, células, eucarióticas, vegetales, animal, procariótica.	Reacciones, seres vivos, energía, organismo, células.	Célula, animal, vegetal, energía.	Ser vivo, organismos, célula, eucarióticas, información, herencia.	Célula, transformaciones químicas, energía, información.	-	Eucariota, animal, procariota, célula, vegetal, reacciones químicas, energía, información genética.	Célula, materia, organismo, reacciones, energía, ser vivo, vegetal, animal.	Células seres vivos, materia, vida, energía, entropía.	Ani6,célula12,energía11,entropía2,eucariota3,genética2,herencia1,información4,información2,materia2,medio1,organismo6,organización2,procat2,react5,react1,svv6,transformaciones2,vgt7,vida3.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	-	Sistema inmunitario, fagocitos, antígeno, anticuerpos, respuesta inmunitaria.	Sistema inmunitario, anticuerpo, antígeno.	Gametos, cigoto, sexo, heterocigótico, codominancia, fenotipo, genotipo.	-	-	-	-	-	Anticuerpo2, antígeno2, fenotipo1, genotipo1, respuesta1, sexo1, sistema inmunitario1, cigoto1.
MODELO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Analizando las producciones y verbalizaciones que se han recogido de Begoña, llama poderosamente la atención la estabilidad y la rigidez de su representación, una estabilidad mantenida a lo largo de todo el curso, hasta el extremo de que ella misma dice que no ha variado en el transcurso del mismo; y llama la atención, además, porque la interpretación que se hace de las mismas no deja lugar a dudas al utilizar el esquema de análisis previamente establecido, y que surgió una vez que se abordó varias veces la tarea de encontrar criterios comunes, y es extraordinariamente fiel a los mismos, admitiéndose sólo ciertos matices al final de dicho curso escolar. Podría, incluso, afirmarse que el curso no ha pasado por ella en términos de representación, que prácticamente no incorpora nada o casi nada del contenido trabajado y que tiene mucho de novedoso para ella, tiene de nuevo, precisamente, lo que supone comprensión y asimilación del funcionamiento celular, lo que, como consecuencia, la hace operar mentalmente frente a la célula con un modelo de su estructura al que sólo tímidamente le añade o incorpora alguna generalidad fisiológica. Ese modelo comienza siendo gráficamente como muestra el siguiente dibujo, realizado en respuesta a la demanda solicitada en el cuestionario inicial (22-10-96):

- Si lo siguiente fuera una célula ¿qué pondrías dentro?



Vemos en el dibujo anterior que no se delimitan sino algunos elementos estructurales y que responde a una imagen muy simple de una entidad que es extraordinariamente compleja. Esa simpleza en el análogo que ha construido Begoña en este primer momento del curso queda también de manifiesto en su respuesta a la pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

del mismo cuestionario, en la que se observa una pobre identificación de estructuras y de procesos y una nula relación e interacción entre los mismos.

" Pues le falta que tenga la capacidad de hacer las funciones vitales como nutrirse y que se reproduzca. Que vaya en contra de la entropía. Se mantiene por sí sola.

*Que tenga ácidos nucleicos en el núcleo, proteínas y una membrana protectora.
3.- que sus elementos realicen la actividad específica".*

Sin embargo, Begoña busca mecanismos de comprensión, procura intermediarios que se la faciliten y para ello echa mano de analogías pues recurre, por ejemplo, a equiparar el funcionamiento de la célula con el de una fábrica, si bien es cierto que dicha analogía surgió en sesiones de clase anteriores, o a otras más autónomas que también son extrabiológicas, pero en las que, curiosamente, no hace ninguna referencia a la célula. Ante la pregunta:

- Aprovecha este espacio para explicar el funcionamiento que tú crees que tiene una célula.

Begoña responde:

"La célula es una estructura complicada, con elementos variados, relacionados entre sí.

Los cimientos de la casa sirven para apoyar el tejado y sin ellos el tejado no se mantendría, si eliminamos un tabique, una determinada pared se viene abajo.

La célula mantiene su propia estructura, transforma moléculas almacena energía y se prepara para copiarse a sí misma.

La célula se compone de moléculas y las células se componen entre otras cosas de enzimas y ácidos nucleicos"

El tercer párrafo es copia literal de una frase incluida en una de las actividades hechas en clase unos días antes de hacer este cuestionario. Conceptualmente lo único que utiliza en el mismo relativo a procesos celulares es "funciones vitales"; usa distintos conceptos referidos a orgánulos y a moléculas, aunque no muchos, y algunos conceptos generales que hacen pensar que efectivamente tiene una cierta comprensión de la entidad "célula" pero es una comprensión parcial que sólo atiende a su estructura, ya que le asigna un significado biológico bastante pobre y limitado. Este modelo simple la lleva a responder a qué es célula en el examen de Origen de la Vida (18-11-96) con un lenguaje libresco propio de repetición mecánica y que no atiende a un discurso articulado sino a frases sueltas sin hilo conductor y que la lleva también, por esas limitaciones en la comprensión de la entidad celular como entidad biológica -viva, a cometer errores graves, como el que se manifiesta con el concepto "procariota":

"La célula es la unidad estructural y funcional de los organismos. La célula puede ser procariota y eucariota.

La célula eucariota: en ella el núcleo celular está separado del citoplasma por una membrana. Se dividen por mitosis y meiosis. Tienen además en el citoplasma todos los orgánulos bien constituidos y en el núcleo se encuentran los cromosomas. Hay a su vez dos tipos de célula: animal y vegetal.

La célula en general realiza las funciones vitales: nutrición, relación y reproducción.

La célula procariota tiene el núcleo aislado por membrana nuclear; su material cromosómico está formado por una doble hélice de ADN desnudo y se localizan en la región central la denominada nucleolo.

Obsérvese que o bien habla de estructuras o bien de procesos pero que no los relaciona y, en todo caso, que usa muy pocos conceptos, que tiene un poder explicativo bastante limitado; su capacidad predictiva, es decir, sus posibilidades de inferir comportamientos, en este caso, de la célula, frente a determinadas condiciones, también es limitada y lo que es destacable es la ausencia de deducción y de interpretación y la

nula aplicación del contenido estudiado a una nueva situación, como muestra su respuesta a la pregunta.

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchan y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

*"Las medusas tienen esa forma de vida para adaptarse al medio en el que viven. Al morir se deshinchan y se arrugan ya que están constituidas por agua. Al morir esa agua se pierde y se queda "vacía".
Todos los seres que estén formados por agua en su gran mayoría y se "la quitan" la perderían por lo tanto se deshinchan".*

La ausencia de comprensión del funcionamiento celular se vuelve a poner de manifiesto en el examen de Glúcidos (9-12-96) en distintas ocasiones y ante distintas demandas. Al definir metabolismo, responde:

"Un conjunto de reacciones para obtener energía".

lo que muestra un error importante ya que en el mismo se dan reacciones que la requieren y, sobre todo, una extrema limitación explicativa ante un concepto tan complejo y rico como es éste. Esta absoluta falta de comprensión de la dinámica metabólica, celular, en definitiva, queda clara en las respuestas siguientes:

- ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.

"No sería ésa la forma correcta de expresar el modo de obtener energía que tienen los vegetales.

La fotosíntesis es la función mediante la cual los organismos fotosintéticos (vegetales) captan la energía solar y la transforman en energía química a fin de sintetizar materia orgánica a expensas de la inorgánica.

La células obtienen energía a través de la glucólisis, ciclo de Krebs o otros procesos y las células vegetales a través de la fotosíntesis".

- ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.

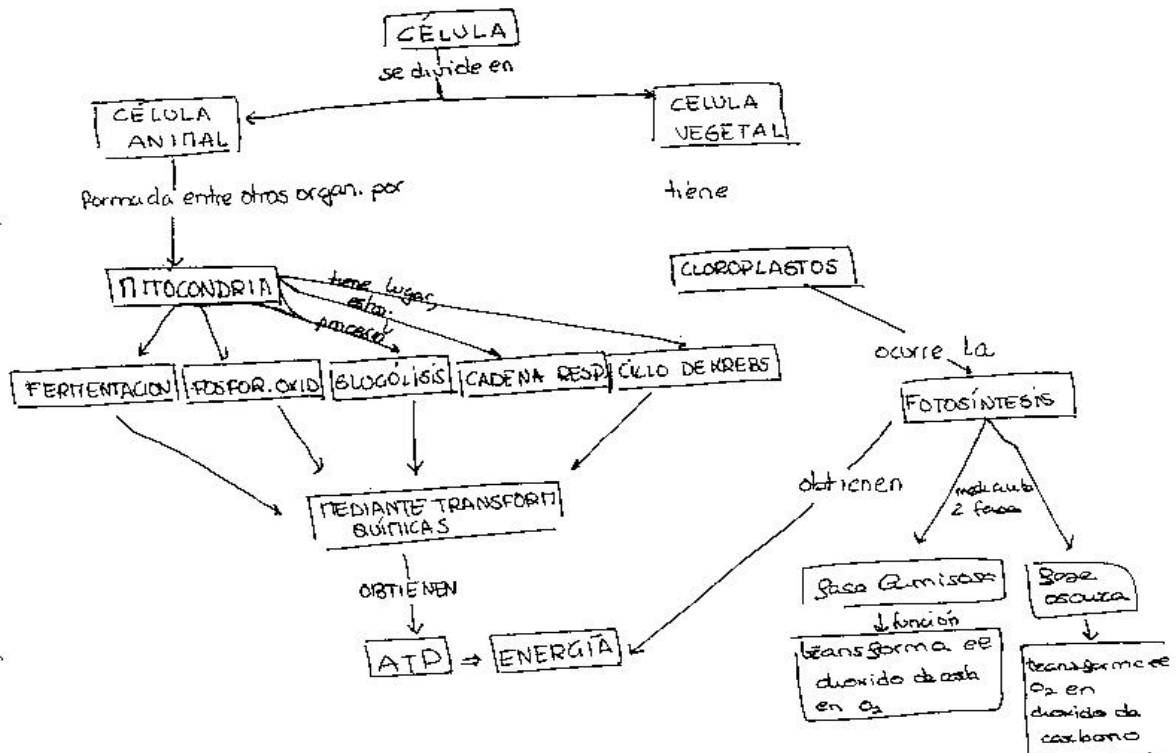
"No podrían funcionar ya que la célula al funcionar debe gastar energía y a su vez obtenerla y si no la tiene no puede ni hacer ni gastar por lo tanto no funciona".

Obsérvese cómo, además, es totalmente nula la interacción e integración estructura/función ya que en ninguna de las dos respuestas se utiliza un solo concepto estructural. Como vemos, ante la ausencia de un modelo integrado explicativo y predictivo, comete errores como el que se observa con el concepto "fotosíntesis" al que no le ha asignado significado biológico científicamente correcto. Es curioso que en este examen se usan bastantes conceptos metabólicos pero de la forma expuesta, sin relación entre ellos y sin relación con estructuras celulares. El primer mapa conceptual (9-1-97) mantiene algunos de esos problemas y muestra que, efectivamente, esos conceptos se usan pero de manera muy poco significativa desde el punto de vista biológico, observándose, por ejemplo, ausencia de mitocondrias en células vegetales o confusión

entre procesos anabólicos y catabólicos. De hecho, la selección de conceptos es arbitraria, no eligiéndose como elementos estructurales más que mitocondria y cloroplasto, y la jerarquización es libresca y muy pobre, delimitando estructuras por un lado y procesos metabólicos por otro. No parece, como se decía en un principio, que haya habido una incorporación coherente y significativa, esta vez en términos del uso que hace Begoña, de los conceptos que son nuevos y que suponen adquirir comprensión del funcionamiento celular.

Observemos cómo explica Begoña lo que es una célula en el examen de Lípidos (26-2-97):

"La célula es una unidad estructural y funcional formada por diferentes orgánulos como las mitocondrias, núcleo, citoplasma, retículo endoplasmático, lisosoma, etc que



puede ser además célula animal y vegetal (célula eucariótica) y además la célula procariótica.

En la célula tienen lugar los diferentes procesos tanto anabólicos como catabólicos claro está en orgánulos determinados.

En la célula se sintetizan los lípidos, glúcidos, etc. Es como una fábrica donde la célula es la dirección por donde los diferentes procesos nos dan la capacidad para vivir".

Pueden delimitarse tres partes en su respuesta: una que habla de estructuras, otra de procesos y una tercera de síntesis y, curiosamente, no relaciona éstas dos últimas; cierra su explicación con una analogía de la que echa mano para expresar cómo entiende el funcionamiento pero esa analogía, si bien fue al principio de curso, es producto de repetición mecánica. Ciertamente es que está usando ahora un discurso algo más correcto en términos de su calidad, aunque tiene también bastante de frases sueltas, pero cierto es, también, que parece operar mentalmente con una idea o modelo estructural, con un concepto de célula al que le asigna y aplica poco dinamismo; de hecho, quizás podríamos admitir que ha adquirido cierto poder explicativo si lo comparamos con producciones anteriores, pero lo cierto es que no ha adquirido nada de poder predictivo, como muestra el hecho de que no es capaz de establecer ninguna inferencia, no hace

ninguna deducción, no responde a nada de lo requerido en este sentido en el examen comentado. Esta nula capacidad predictiva, así como limitado poder explicativo, vuelven a ponerse de manifiesto en el ejercicio siguiente (Proteínas, 14-3-97); se observan, incluso, problemas de expresión e incongruencias sin sentido que poco o nada tienen que ver con la demanda planteada. Ante la pregunta:

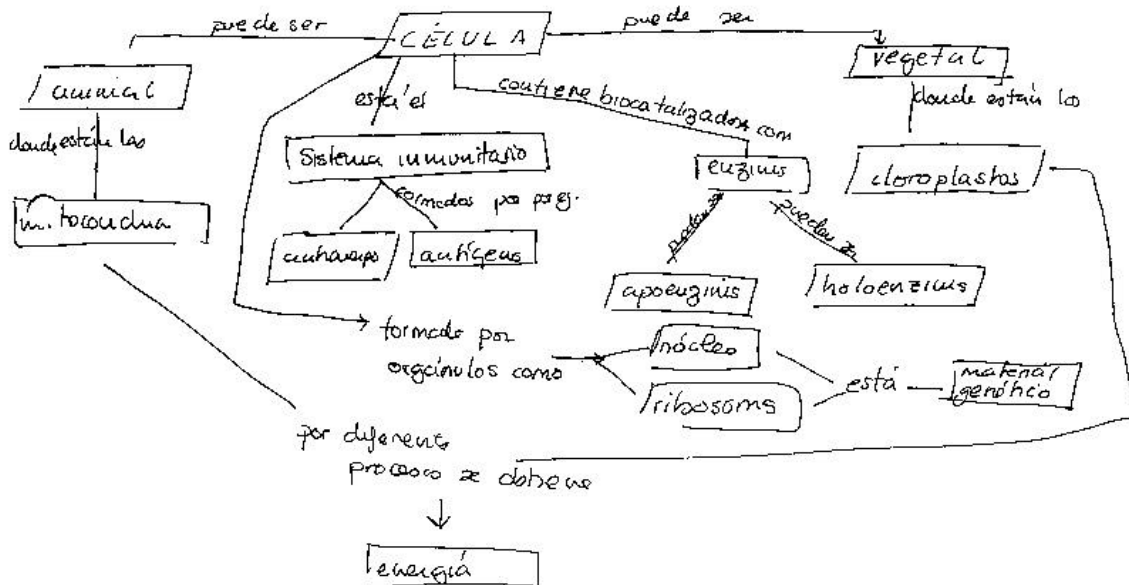
- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 °; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él!. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.

La respuesta que encontramos es la siguiente:

“ Las enzimas tienen una propiedad y es que actúan a temperatura ambiente. Cada enzima tiene una función y como se trata de un ser humano y la temperatura ambiente es de 36 °C y si se pasa ya ataca al sistema inmunológico, pues los enzimas actúan en sus reacciones rompiendo la glucosa o hidrolizándola, esto es lo que ocurre en la célula.

Hay que hacer un estudio en laboratorio para saber cómo actúa la glucosa y cómo se combustiona”

El segundo mapa conceptual (1-4-97) es, nuevamente, un buen ejemplo de los problemas de comprensión que Begoña muestra en relación con el funcionamiento celular para el que, a juzgar por sus materiales, no ha generado un modelo, no ha construido un análogo estructural.



Si claro es el mapa como dato, un mapa en el que se observa una selección conceptual totalmente arbitraria (pues sólo podían elegirse quince conceptos que reflejaran estructura y funcionamiento y ella incorpora, por ejemplo, antígeno,

anticuerpo, y no elige conceptos realmente celulares), con relaciones simples que dan lugar a proposiciones nada significativas desde el punto de vista biológico (lo que se interpreta como ausencia de significación también en su estructura mental), y sin jerarquía ninguna, clara es la explicación que hace del mismo:

"En este mapa conceptual se puede observar que hay dos clases de células que son la vegetal y la animal. En la célula animal se encuentra la mitocondria y en la célula vegetal no hay pero sí que hay cloroplastos, orgánulo que no contienen las células animales.

La célula está formada por diferentes orgánulos entre los que se pueden citar el núcleo y los ribosomas. En estos orgánulos se encuentra el material genético. En la célula también hay unos biocatalizadores que son los enzimas pudiéndose dividir en apoenzima y holoenzimas.

En la mitocondria y en los cloroplastos se producen una serie de procesos metabólicos en los que se obtiene energía.

En la célula también se encuentra el sistema inmunitario con antígenos y anticuerpos entre otras clases".

El modelo que ha generado, en el que tiene algunos elementos estructurales, es un modelo que no evoluciona, que no incorpora nueva información, que no la asimila. Como no le asigna significado biológico a los procesos, comete errores relativos al funcionamiento celular; como no genera una comprensión de la célula como entidad viva, no construye un análogo, por lo que se ve, ni siquiera estructural en este momento, ubica erróneamente el sistema inmunitario (-¡proceso orgánico/individual en términos de niveles de organización!-) a una célula. La ausencia de un modelo de funcionamiento no la lleva sólo a confundir y a no comprender conceptos y procesos metabólicos, sino también de otra naturaleza, como pueden ser los procesos de división celular; tampoco aquí se ha generado una explicación razonable desde el punto de vista biológico, confundiendo, por ejemplo, conceptos como mitosis y meiosis y atribuyéndoles significados erróneos, como sobrecruzamiento y recombinación a la mitosis; además, se generan explicaciones que son producto de repetición mecánica y ni tan siquiera se ubican dichos procesos o se relacionan con estructuras de las células o con fases del ciclo vital de las mismas, con la única excepción de cromosomas. Esto es lo que se pone de manifiesto en la siguiente respuesta a la definición de sobrecruzamiento, en el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97):

"Sobrecruzamiento: este proceso tiene lugar en la profase I de la mitosis concretamente en el paquiteno cuando las cromátidas de los cromosomas homólogos permanecen estrechamente unidas, permitiendo el intercambio de fragmentos cromáticos no hermanos (es decir cada uno de los cromosomas no apareados-homólogos.

El sobrecruzamiento tiene como consecuencia la recombinación génica".

A estas alturas de curso se ha terminado de trabajar el contenido relativo a la célula como entidad biológica y, por lo tanto, se ha incorporado todo aquello que, para este nivel, se ha considerado pertinente tanto en términos estructurales como funcionales. Cabe, por lo tanto, pensar "a priori" que los estudiantes están en condiciones de incorporar en sus explicaciones y predicciones, en sus deducciones y argumentaciones contenidos propios de distintas unidades didácticas porque pueden establecer diferenciaciones progresivas, sin ir más lejos, las que se han hecho a lo largo del curso, y, consecuentemente, teniendo en cuenta la organización de la asignatura, reconciliación integrativa; en términos de Johnson-Laird, pueden revisar recursivamente el contenido trabajado y recuperar aquello que responda a la demanda planteada siempre que tengan un modelo mental construido, un análogo estructural de la entidad en cuestión, célula en nuestro caso, que se los permita. Si ese modelo global no se ha

construido, esa revisión recursiva no cabe, no es posible. Eso es lo que parece ocurrir con Begoña si analizamos la respuesta a la siguiente pregunta (en el mismo ejercicio):

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos ?. Razona la respuesta.

"Puesto que los ácidos nucleicos son los encargados del material hereditario y los que llevan a cabo la reproducción para producir así diferentes divisiones celulares".

La interpretación anterior se corrobora con lo que Begoña hace ante el símil de la célula como una fábrica (13-5-97). Contesta cosas sueltas sin sentido, usa conceptos relativos a estructura celular y no usa nada que tenga que ver con su funcionamiento. No construye un análogo que le permita establecer interacciones ni tan siquiera en el discurso y no se apoya en el dibujo nada más que para describir, no estableciendo deducciones e inferencias relativas a dinámica de la célula partiendo del mismo. La respuesta que genera es la siguiente:

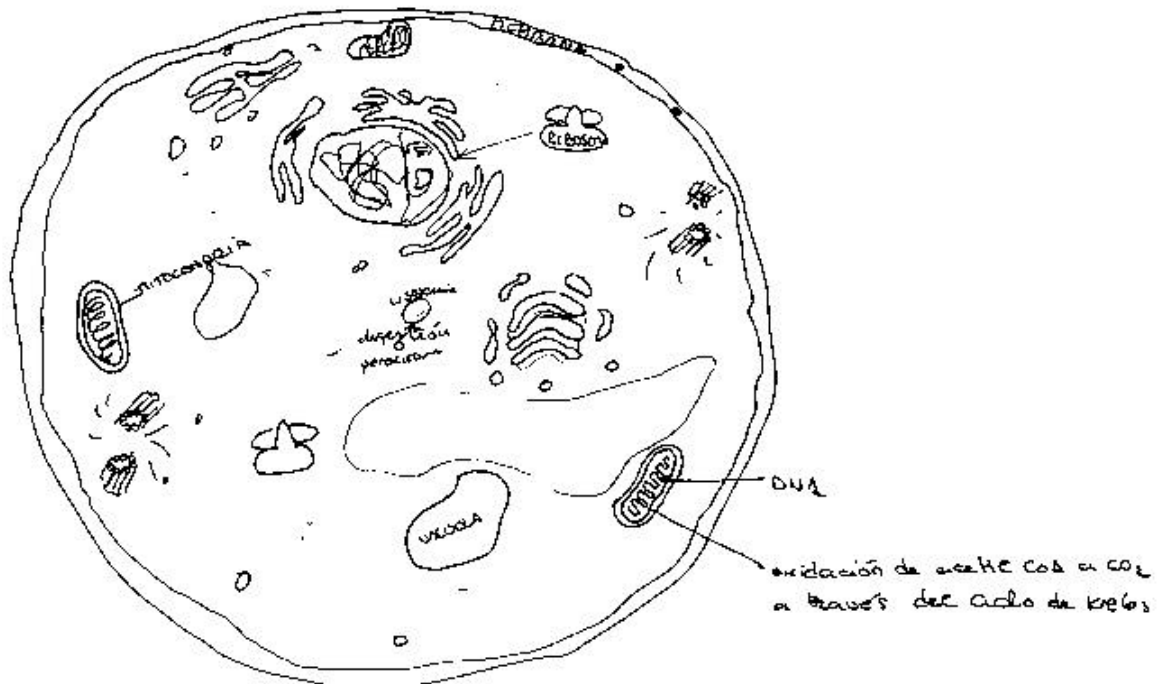
"En el primer dibujo observamos que la membrana de la célula abre las puertas a la "mercancía que entra". La membrana es lo que envuelve a la célula en su totalidad y así la protege. Luego podemos observar los lisosomas encargados de hacer una serie de funciones con la "mercancía" que ha dejado pasar la membrana de la célula.

Seguidamente, observamos la vacuola digestiva que separa la "mercancía" llegada según su categoría. Esa mercancía se dirige a la mitocondria que la podríamos definir como una gran fábrica en la que después de que la mercancía sufra muchas transformaciones químicas consiguen la obtención de energía.

Luego todo lo obtenido se almacena en la vacuola y esa información contenida en la vacuola de almacenamiento la recogen los ribosomas y el retículo endoplasmático rugoso para analizarla y enviarla a núcleo que es donde se analizará la información que trae esa mercancía con diferentes caracteres.

Allí se separan según la información que traen, sexo, color de ojo, En ese lugar: el núcleo donde se dan sucesivas divisiones tras una fecundación comenzará todo de nuevo en ese nuevo individuo".

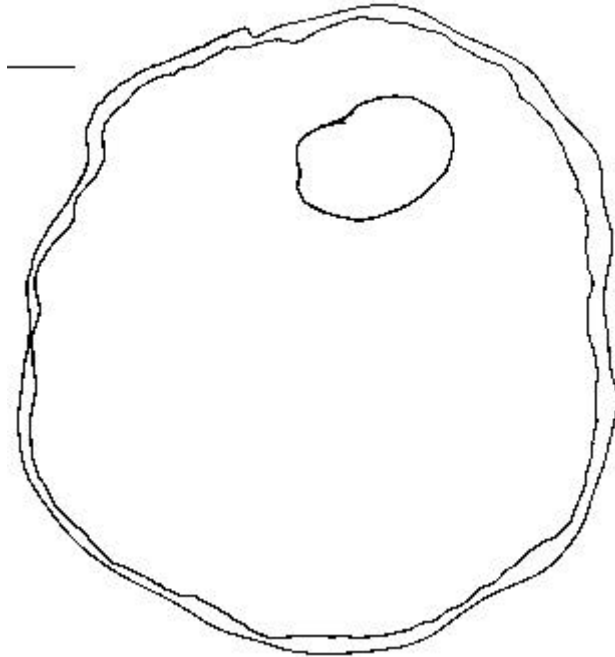
Ante la demanda de hacer un dibujo que plasme la estructura y el funcionamiento celular, Begoña hace lo siguiente:



Es un dibujo que responde a un patrón muy libresco y es una representación estática en la que lo que se observa es que identifica algunos elementos estructurales. Es evidente, en todo caso, que si comparamos con el dibujo ya mostrado del cuestionario inicial, esa estructura celular ha experimentado una ligera evolución; pero en el terreno funcional, como ya se comentó, no ha habido ninguna construcción, como muestra lo que Begoña responde en el cuestionario final (29-5-97) a:

- ¿y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?

"Con los orgánulos se relacionaría la función de cada uno de ellos se relaciona y hacen sus reacciones para la obtención de energía.



Ante la respuesta y el dibujo anterior ¿estamos errados en nuestra interpretación? Begoña no genera un modelo de funcionamiento y mantiene, eso sí, el recurso a la analogía, ¡la misma analogía que ya usó en el cuestionario inicial y, también, en uno de los exámenes!:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

"Una célula se puede representar como una gran fábrica con una serie de eslabones y trabajadores que realizan distintas funciones. Los trabajadores serían los orgánulos encargados cada uno de realizar una función determinada de cada uno de ellos.

Cada trabajador de la célula se relaciona con otros pudiendo realizar juntos un trabajo (reacciones) y la obtención de materia prima = energía".

Su entrevista final (5-6-97) corrobora muchas de las afirmaciones ya hechas. No hace referencia a célula en ninguno de los conceptos biológicos relativos a la misma que se le presentan y en siete de ellos ni siquiera genera imagen. Ante la foto de microscopía electrónica responde:

" a mi esto no me dice nada".

Y afirma que tiene un dibujo de célula en la mente que no se parece a dicha foto así como que su dibujo es igual al de principio de curso. Ella misma manifiesta sus problemas para representar "la realidad":

ML : el caso es que tú tienes una imagen de lo que es una célula, de lo que físicamente es una célula que es distinta a la que está aquí.

Begoña : *es que esto es la realidad.*

ML : esto es la realidad. Y lo que ¿eh ?

Begoña : *lo que, lo que es en realidad, lo otro es más ... generalizado.*

ML : más generalizado ; es decir, ¿podríamos hablar de que tú lo que tienes en tu mente es un modelo sobre la célula y que esto son células de verdad ? Bien. ... ¡aaahhh ! ... ese modelo de célula es lo que a mi me interesa ver si ha evolucionado algo a lo largo del curso ; ¿es igual que al principio de curso ?

Begoña : *... el dibujo que yo tengo es igual.*

ML : es igual, no ha variado. Si te digo ¡eeehh ! cómo funciona la célula, ¿tienes un modelo también en la mente sobre el funcionamiento de la célula ?

Begoña : *no.*

ML : no ; ¿pero me podrías explicar cosas sobre el funcionamiento de la célula ? ..., ..., cosas sobre el funcionamiento de la célula ?

Begoña : *..., ..., ..., queee de lo que se divide, estáaa, ... no, es que no tengo, no, no tengo la mente*

ML : ¿no tienes la mente ?

Begoña : *para, para con esto ¡jejeje !*

ML : para estar con esto. ¡Ah ! ¿significaría eso que explicar cómo funciona te cuesta más, no tienes un modelo ¡mmm ! gráfico de cómo funciona una célula ?

Begoña : *¡mj !*

ML : pero sí tienes un modelo gráfico de cómo es ; hablábamos de modelo por lo que me dijiste antes, que esto era la realidad y tú tienes una cosa global.

Begoña : *¡mj !*

El diálogo con Begoña, como vemos en este fragmento, es poco fluido y, efectivamente, en él se evidencia la ausencia de una representación funcional de la célula. Ese modelo que tiene esta alumna en su mente sobre la célula, como se ha expuesto, es extraordinariamente estable y rígido a lo largo del curso, un modelo que ha tenido una incorporación muy limitada de conceptos nuevos y, en todo caso, poco significativa tanto en términos explicativos y predictivos para ella misma, como en términos biológicos. Es un modelo que atiende a su estructura con el que empezó y con el que acabó, pero es un modelo en términos de Johnson-Laird porque es el análogo estructural que ella construye cada vez que se enfrenta a alguna tarea que le demande o que tenga que ver con la célula, y que hace rotar, es decir, que ejecuta, como hemos visto, exactamente de la misma manera. Es el modelo mental que hemos categorizado como modelo A. ¿Y por qué no ha habido integración de funcionamiento y, por lo tanto, evolución/reestructuración del mismo? La nueva información, los nuevos contenidos que hubiesen supuesto, precisamente, eso no fueron relevantes para Begoña porque no les asignaba significado, operaban para ella en el terreno de las indeterminaciones, tantas en tan poco tiempo que optó, por economía mental (economía en su construcción) por no incorporarlas, recurriendo a repetición mecánica en el mejor de los casos. El tipo de frases, la calidad de su discurso, el uso de la información que hace, las deducciones e inferencias que establece, como se ve, han variado poco a lo largo del curso; son datos que muestran una forma de pensar acerca de la célula y una forma de procesar la información que sobre la misma ha recibido y trabajado que, como tales, nos permiten, no saber cómo opera Begoña mentalmente, pero sí hacer inferencias y deducir cómo, a juzgar por los mismos, parece que está trabajando en términos cognitivos. Es un modelo que la limita porque no considera relevante lo que supone comprender el

funcionamiento celular y que la lleva, precisamente por eso, a cometer errores cada vez que se enfrenta a la tarea de explicarlo. Pero ¿por qué no tuvo relevancia para Begoña el nuevo contenido? ¿Se puede comprender, se puede explicar y predecir, se puede generar o construir un modelo si no se quiere? ¿se construye aunque no se quiera? El siguiente extracto de la misma entrevista es llamativo al respecto:

ML : no te gusta mucho, no te gusta mucho la Biología, la célula.

Begoña : ..., ... *la célula*.

ML : la célula es lo que no te gusta.

Begoña : *sí y eso ; me gusta más por ejemplo, como Ciencias de 3º.*

ML : como Cienc.

Begoña : *no sé, para dar los aparatos y eso.*

ML : aparatos y órganos, o sea, nivel orgánico, nivel de individuos.

Begoña : ¡mj !

ML : yyy ¡aaahhh ! este tema simplemente no te gusta, ... ¿no has tenido ningún otro tipo de percepción o de sensación ?

Begoña : *el que más me gustó fue el de los ácidos nucleicos.*

ML : el tema que más te gustó fue el de ácidos nucleicos.

Begoña : ¡mj !

ML : ¿por qué ?

Begoña : ... *no sé, fue entretenido.*

ML : fue el más entretenido. ¿A partir de qué momento te das cuenta de que no te gusta el estudio de la célula ?

Begoña : ¡mhhhhh ! ... *Es que a mi no me gusta estudiar no sólo la célula sino todo ; no me gusta nada.*

ML : no te gusta estudiar, ... ¡ah ! es que a ti no te gusta estudiar. ¡aaahhh ! pero tampoco haberlo trabajado en clase te ha gustado ni la forma en la que lo hemos trabajado.

Begoña : ¡tch ! *no, no me gusta, no sé, no es que no me gusta ... la célula.*

Quizás en lo anterior esté la clave de la extrema estabilidad de la representación que Begoña ha mantenido a lo largo del todo el curso, una representación que, analizando e interpretando sus producciones y verbalizaciones, hemos catalogado, efectivamente, como modelo A que hemos inferido al hacer rotar nuestro propio modelo sobre su representación.

ANEXO N° 16:

TAIS

NOMBRE: Tais

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Organismo, célula, membrana, citoplasma, núcleo, orgánulos, mitocondrias, vacuolas, aparato de Golgi, ser vivo, vida, organización, ácidos nucleicos, ADN, ARN, fotosíntesis, respiración celular, ribosomas, cloroplasto, vegetal, material genético.	Célula, vida, energía, orgánulos, entropía, núcleo, membrana, mitocondria, ribosomas, síntesis de proteínas, lisosomas, vacuolas, ATP, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, proteínas, procesos catabólicos, procesos anabólicos.	Entropía, célula, vida, energía, orgánulos, reproducción, relación, nutrición, membranas, ser vivo, jerarquización, materia, combustible, principios inmediatos, catabolismo, anabolismo, nutrientes, retículo endoplasmático, núcleo, nucleolo, mitocondrias, gametos, ADN, vacuolas, cloroplastos, aparato de Golgi, genes.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (2º y 3º) No uso (1º)	Uso (¡limitado!)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcidos: piedrita de azúcar. • Proteínas: dibujos de Érase una vez la vida. • Lípidos: bolitas de grasa. • Ácidos nucleicos: cadenas -de libros. • Energía: un rayo. • Entropía: estrellas botadas. • Célula: estructura con orgánulos dentro. • Catabolismo: rotura de enlaces. • Meiosis: célula dividiéndose. • Reproducción: unión de gametos. • Anabolismo. Se unen dos cosas. • Ser vivo: nosotras. • Nutrición: una persona comiendo • Relación: hablar con una persona o un campo con árboles.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas (Ej: preg. 3B)	Elaboradas (Ej: preg. 4 o también 3B)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • funciona como una fábrica, es decir, con distintos niveles de organización. Extrabiol./repetición de clase. • "Funciona como en una jerarquía, hay distintos status sociales y cada status se encarga de una actividad dependiendo de sus superiores. El rey serían los ácidos nucleicos. Extrabiol./autónoma. Repite esta analogía en la preg. 6. • "Como un país dividido en autonomías, cada autonomía representa a un orgánulo que se encarga de una actividad. Extrabiol./autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> • "La célula se puede representar de muchas formas, en forma de huevo, de círculo". Extrabiol./repetición de clase. • "Funciona como una fábrica, cada orgánulo tiene una función y los orgánulos se relacionan entre sí". Extrabiol./repetición de clase. • "Funciona como una asociación de empresas, una se encarga de romper enlaces, otra de limpiar, ...". Extrabiol./autónoma. • Núcleo. Ordenador principal. Extrabiol./repetición de clase (símil de la fábrica). • Lisosomas: limpiadores. Extrabiol./autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pág. 4: "El núcleo es el, como el ordenador, el, como se llama esto, el supervisor de todo, el que dice: tú tienes que hacer esto y tal". Extrabiol./autónoma.

- Algunas imágenes que genera son de libro; hace referencia a imagen de célula no sólo en célula (gametos, meiosis). Poner imagen de célula -pág. 2: de libro y sólo estructura.
- La foto se parece más o menos a su imagen pero ella la ve con colores.
- Pág. 4 A: su modelo es más gráfico que textual -¡los dibujos!.
- Pág. 4 y 5: hay modelo dinámico de funcionamiento. Poner Pág 5 A.
- Yo tengo la sensación de que empieza con un modelo relativamente pobre de estructura y con cierto dinamismo en funcionamiento pero que va añadiendo funcionamiento a ese modelo con poder más explicativo y con más concisión y precisión : la relación de asociación de palabras es mucho más compacta y explicativa.
- ¡Se reafirma esto con Pág. 8 A!.
- Dice que no tiene una imagen global del funcionamiento de una célula. ¡¡!!

NOMBRE: Tais

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, membrana celular, orgánulos, núcleo, material genético, nutrientes, mitocondria, cloroplastos, citoplasma, membranas mitocondriales, cresta mitocondrial, tilacoides, granas, citosol, luz, ribulosa, clorofila, glucólisis, ciclo de Krebs, fermentación, fotosíntesis, ATP, glucosa.	Célula, orgánulos, principios inmediatos orgánicos, con membranas, sin membranas, constituyentes inmediatos, retículo endoplasmático, cloroplastos, aparato de Golgi, lisosomas, metabolismo, anabólico, catabólico, fotosíntesis, ATP.	Célula, energía, procesos metabólicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP, orgánulos, endomembranas, retículo endoplasmático, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, núcleo, sin membranas, lisosomas, ribosomas, anabólicos, catabólicos, fotosíntesis, síntesis proteica, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente (¡ojo! He dudado; lo es en función de lo que se había dado aunque luz, ribulosa, clorofila quizás no lo sean)	Arbitraria (Ej: con membranas, sin membranas, catabólico, son adjetivos, constituyentes inmediatos)	Arbitraria (Ej: anabólicos, catabólicos, sin membranas)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco explicativas	Poco explicativas	Nada explicativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil (Ej: procesos muy bajo)	Ausente	De libro (bioquímica, citología, metabolismo)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	La explicación tiene muchos errores biológicos importantes, sobre todo confusión anabolismo/catabolismo Error grave: célula animal - mitocondria- y célula vegetal - cloroplasto; glucólisis en la mitocondria por el error con citosol. No ubica correctamente.		En la explicación no confunde anabolismo y catabolismo pero sí lo que ocurre con la energía en cada uno de ellos. Una parte de moléculas -que no tienen que ver con los orgánulos- y orgánulos y otra de procesos. No relaciona ninguna de esas tres cosas.

- ¡ojo! Mantiene los mismos errores: lisosomas sin membranas, anabolismo y catabolismo. Esto me genera dudas; yo pensaba que cuando se tiene un modelo (y Tais parece tenerlo al establecer analogías) no se confunde esto y, por tanto, se entienden respiración y fotosíntesis. Pero aquí hay errores desde el principio hasta el final. ¿Tendrá un modelo muy global pero no suficientemente explicativo?

NOMBRE: Tais

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Orgánulo, célula, membrana, nutrientes, lisosomas, vacuola, mitocondria, energía, retículo endoplasmático, ribosomas, núcleo, proteínas.	Vida, célula, energía, sales minerales, funciones vitales, entropía, procariota, eucariota, principios inmediatos, materia, orgánulo, agua, procesos osmóticos, organismo.	Células, vegetales, fotosíntesis, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, energía, glúcidos, animales, glucolisis, ATP, hialoplasma, mitocondria, membrana, fermentación, mitocondria interna, cloroplastos, membranas, tilacoides, nutrientes, organismo.	Aparato de Golgi, dictiosomas, lisosomas, mitocondria, membranas, crestas mitocondriales, lípidos, procesos catabólicos, retículo endoplasmático liso, célula, organismo, proceso anabólico, ciclo de Krebs, citosol, energía, ATP, orgánulo, proteínas, membrana plasmática, agua, nutrientes, medio, retículo endoplasmático rugoso.	Proteínas, organismo, cadena respiratoria, enzimas, membrana plasmática, holoenzimas, holoproteínas, apoenzima, cofactor, célula, reacciones, energía, información, núcleo, proceso anabólico, síntesis proteica, transcripción, ARN mensajero, ADN, traducción, ARN transferente, ribosoma, codon, citosol, conformación, sistema inmunológico, inmunidad, antígeno, respuesta inmune, anticuerpos, ser vivo, aminoácidos, ARN ribosómico.	DNA, ARN, información genética, ácidos nucleicos, célula, información, genotipos, fenotipos, genes, vida.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: célula, niveles de organización)	De libro	De libro	Elaboración personal	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 9)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre (ni se entiende el discurso)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre (Ej: problemas de expresión)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica ¡pensé (7-11-98) que célula es repetición mecánica, el agua es clarísimo!	Repetición mecánica (¡ojo! Isiste en un error visto en los mapas: confunde anabolismo y catabolismo; otro problema repetido: hialoplasma de la mitocondria. Son errores muy estables ¡¡!!)	Repetición mecánica (sigue confundiendo anabolismo y catabolismo)	Organización autónoma (Ej: preg. 2 C)	Repetición mecánica (Ej: problema de genética: sigue con el mismo incluso cuando está terminado)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	Uso (cloroplasto)	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	No establecimiento (Ej: preg. 5,6 y 7)	Pobres (Ej: preg. 3 o 6)	Pobres (Ej: preg. 4)	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (sin embargo: membrana como portal, lisosomas -limpiadores o barrenderos, el núcleo encargado de supervisar todas las operaciones, el centro de mando de la gran empresa que sería la célula)	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan
			No comprensión 3B y 3 C. Contempla distintos aspectos funcionamiento/estructura 3 D pero con errores.	Explica célula con extrema pobreza.		Célula (preg. 4): idea pobre y no recupera todo lo visto en temas anteriores. Sólo se refiere a funcionamiento.

NOMBRE: Tais

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> no hace 1º dibujo. ADN, ARN, mitocondrias, ribosomas, citoplasma, membrana, núcleo, aparato de Golgi, vacuola, cloroplasto, vegetal.	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: no nombra nada. 3º dibujo: no nombra nada. Núcleo, membrana, célula, mitocondria, energía, ribosomas, síntesis de proteínas, lisosomas, (limpiadores), vacuolas.	Retículo endoplasmático, membrana celular, proteínas, aparato de Golgi, procesos metabólicos, lisosomas, centriolos, endomembrana, cloroplasto, energía, núcleo, material genético, nucleolo, vacuolas, ribosomas, síntesis proteica, mitocondria, lípidos.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (salvo dos frases en el 2º dibujo; inconsistentes)	Identificación (¡y muy limitada y pobre!)	Identificación y comentarios de funciones (¡algunas!) con uso de palabras y frases
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Tais

CURSO: COU A

FECHA: 30-7- 98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Organismo, célula, membrana, citoplasma, núcleo, orgánulos, mitocondrias, vacuolas, aparato de Golgi, ser vivo, vida, organización, ácidos nucleicos, ADN, ARN, fotosíntesis, respiración celular, ribosomas, cloroplasto, vegetal, material genético.
Origen de la vida 18/11/96	Vida, célula, energía, sales minerales, funciones vitales, entropía, procariota, eucariota, principios inmediatos, materia, orgánulo, agua, procesos osmóticos, organismo.
ex. GLUC. 9/12/96	Células, vegetales, fotosíntesis, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, energía, glúcidos, animales, glucolisis, ATP, hialoplasma, mitocondria, fermentación, membrana mitocondrial interna, cloroplastos, membranas, tilacoides, nutrientes, organismo.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, membrana celular, orgánulos, núcleo, material genético, nutrientes, mitocondria, cloroplastos, citoplasma, membranas mitocondriales, cresta mitocondrial, tilacoides, granas, citosol, luz, ribulosa, clorofila, glucolisis, ciclo de Krebs, fermentación, fotosíntesis, ATP, glucosa.
ex. LÍP. 26/2/97	Aparato de Golgi, dictiosomas, lisosomas, mitocondria, membranas, crestas mitocondriales, lípidos, procesos catabólicos, retículo endoplasmático liso, célula, organismo, proceso anabólico, ciclo de Krebs, citosol, energía, ATP, orgánulo, proteínas, membrana plasmática, agua, nutrientes, medio, retículo endoplasmático rugoso.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, organismo, cadena respiratoria, enzimas, membrana plasmática, holoenzimas, holoproteínas, apoenzima, cofactor, célula, reacciones, energía, información, núcleo, proceso anabólico, síntesis proteica, transcripción, ARN mensajero, ADN, traducción, ARN transferente, ribosoma, codon, citosol, conformación, sistema inmunológico, inmunidad, antígeno, respuesta inmune, anticuerpos, ser vivo, aminoácidos, ARN ribosómico.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, orgánulos, principios inmediatos orgánicos, con membranas, sin membranas, constituyentes inmediatos, retículo endoplasmático, cloroplastos, aparato de Golgi, lisosomas, metabolismo, anabólico, catabólico, fotosíntesis, ATP.
ex. AN. 12/5/97	DNA, ARN, información genética, ácidos nucleicos, célula, información, genotipos, fenotipos, genes, vida.
Símil de la fábrica 13/5/97	Orgánulo, célula, membrana, nutrientes, lisosomas, vacuola, mitocondria, energía, retículo endoplasmático, ribosomas, núcleo, proteínas.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Retículo endoplasmático, membrana celular, proteínas, aparato de Golgi, procesos metabólicos, lisosomas, centriolos, endomembrana, cloroplasto, energía, núcleo, material genético, nucleolo, vacuolas, ribosomas, síntesis proteica, mitocondria, lípidos.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, energía, procesos metabólicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP, orgánulos, endomembranas, retículo endoplasmático, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, núcleo, sin membranas, lisosomas, ribosomas, anabólicos, catabólicos, fotosíntesis, síntesis proteica, glucolisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, vida, energía, orgánulos, entropía, núcleo, membrana, mitocondria, ribosomas, síntesis de proteínas, lisosomas, vacuolas, ATP, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, proteínas, procesos catabólicos, procesos anabólicos.
Entrevista. 6/6/97	Entropía, célula, vida, energía, orgánulos, reproducción, relación, nutrición, membranas, ser vivo, jerarquización, materia, combustible, principios inmediatos, catabolismo, anabolismo, nutrientes, retículo endoplasmático, núcleo, nucleolo, mitocondrias, gametos, ADN, vacuolas, cloroplastos, aparato de Golgi, genes.

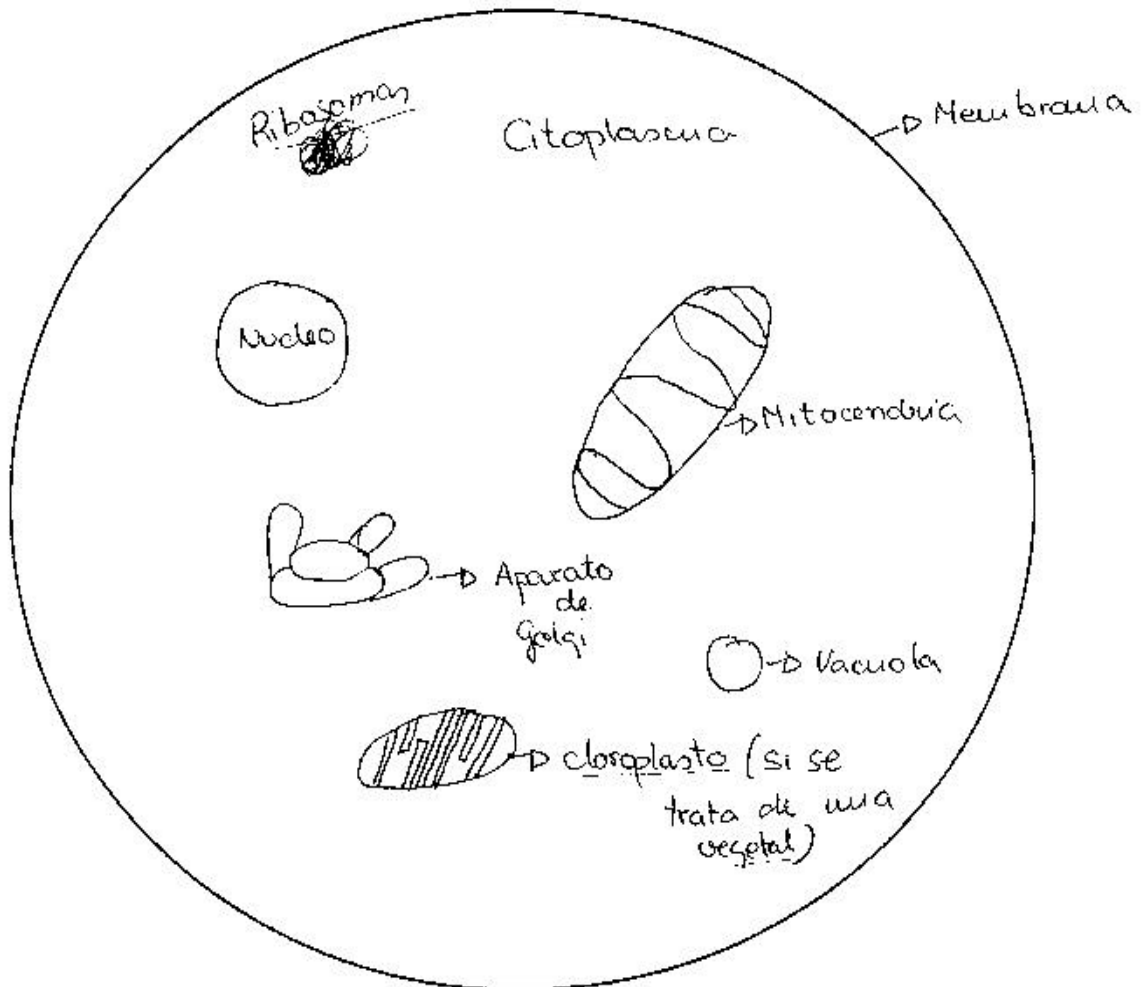
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	Ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Membrana, citoplasma, orgánulos, mitocondria, vacuolas, aparato de Golgi, ribosomas, cloroplastos.	Orgánulo.	Hialoplasma, mitocondria, membrana mitocondrial interna, cloroplastos, membranas, tilacoides.	Membrana celular, orgánulos, núcleo, mitocondria, cloroplastos, citoplasma, membranas mitocondriales, cresta mitocondrial, tilacoides, granas, citosol.	Aparato de Golgi, dictiosomas, lisosomas, mitocondria, membranas, crestas mitocondriales, retículo endoplasmático liso, citosol, orgánulo, membrana plasmática, retículo endoplasmático rugoso.	Membrana plasmática, núcleo, ribosoma, citosol.	Orgánulos, membranas, retículo endoplasmático, cloroplastos, aparato de Golgi, lisosomas.	-	Orgánulo, membrana, lisosomas, vacuola, mitocondria, retículo endoplasmático, ribosomas, núcleo.	Retículo endoplasmático, membrana celular, aparato de Golgi, lisosomas, centriolos, endomembrana, cloroplastos, núcleo, vacuolas, ribosoma, mitocondria.	Orgánulos, endomembranas, retículo endoplasmático, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, núcleo, membranas, lisosomas, ribosomas.	Orgánulos, núcleo, membrana, mitocondria, ribosomas, lisosomas, vacuolas.	Orgánulos, membranas, retículo endoplasmático, núcleo, nucleolo, mitocondrias, vacuolas, cloroplastos, aparato de Golgi.	AG6,centriolo1,ctpl2,cts13 ,clpt7,cremit1,dictiosoma1,grana1,hpl1,liss6,membr11,membrcel2 ,mbrmit1, mbrmitint1 ,mbrplasm2,mitc9,núcl7,RE6,REL1, RER1,rib6,tilacoides2.
Moléculas	Ácidos nucleicos, ADN, ARN, material genético.	Sales minerales, principios inmediatos, agua.	Glúcidos, ATP, nutrientes.	Material genético, nutrientes, ribulosa, clorofila, ATP, glucosa.	Lípidos, ATP, proteínas, agua, nutrientes.	Proteínas, enzimas, holoenzimas, apoenzima, cofactor, ADN, ARN mensajero, ARN transferente, codon, aminoácidos, ARN ribosómico.	Principios inmediatos, ATP.	DNA, ARN, ácidos nucleicos, genes.	Nutrientes, proteínas.	Proteínas, material genético, lípidos.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP.	ATP, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, proteínas.	Combustible, principios inmediatos, nutrientes, ADN, genes.	AN4,ADN3, agua2,aa1,apoenz1,ARN3 ,ARNm1,ARNt1,ATP6,condon1,cofactor1,enz1,gen5, glúc3,holoprot1,líp4,nutriente5,PI4,prot6,sm1.
PROCESOS Mts.	Fotosíntesis, respiración celular.	-	Fotosíntesis, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, fermentación.	Glucólisis, ciclo de Krebs, fermentación, fotosíntesis.	Procesos catabólicos, proceso anabólico, ciclo de Krebs.	Cadena respiratoria, proceso anabólico, síntesis proteica, transcripción, traducción.	Metabolismo, anabólico, catabólico, fotosíntesis.	-	-	Procesos metabólicos, síntesis proteica.	Procesos metabólicos, anabólicos, catabólicos, fotosíntesis, síntesis proteica, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria.	Síntesis de proteínas, procesos catabólicos, procesos anabólicos.	Catabolismo, anabolismo.	Anb1,autof1, cadresp2,cat2,cKrebs3,fermet2,ftst5,glucólisis3,heteróf1,mtb1,resp1,respcel1, síntesis8,sprot4,traduc1,transcrp1.
Otros	-	Funciones vitales, procesos osmóticos.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reproducción, relación, nutrición.	Funciones1,FV1,nut1,rel1, rep1.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	Ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
CONCEPS GRALES:	Organismo, célula, ser vivo, vida, organización, vegetal.	Vida, célula, energía, entropía, procariota, eucariota, materia, organismo.	Célula, vegetales, energía, animales, organismo.	Célula, luz.	Célula, organismo, energía, medio.	Organismo, célula, reacciones, energía, ser vivo.	Célula.	Información genética, célula, información, vida.	Célula, energía.	Energía.	Célula, energía.	Célula, vida, energía, entropía.	Entropía, célula, vida, energía, ser vivo, jerarquización, materia.	Ani1,célula1 2,energía9,entropía3,eucariota1,genética1,información1,infgen1,materia2,medio1,organismo5,organización1,procart1,react1,svv3,vgt2,vida5.
OTROS CONCEPS	-	-	-	-	-	Conformación, sistema inmunológico, inmunidad, antígeno, respuesta inmune, anticuerpos.	-	Genotipos, fenotipos.	-	-	-	-	Gametos.	Anticuerpo1, antígeno1, fenotipo1, gameto1, genotipo1, inmunidad1, respuesta1, respuesta inmune1, sistinmunológico1.
MODELO	B	A	B	B	A	B	A	A	A	B	A	B	B	B

Tais parece empezar el curso con un modelo relativamente pobre de estructura celular al que le imprime un cierto dinamismo, es decir, le atribuye a esa pobre y limitada estructura que para ella es la célula una cierta actividad que plasma fundamentalmente equiparándola a analogías, que son las que usa como intermediarias para permitirle su comprensión. Esa limitada estructura celular es lo que se observa en lo que hace frente a la pregunta planteada en el cuestionario inicial (22-10-96):

- Si lo siguiente fuera una célula ¿qué pondrías dentro?

Su dibujo es el siguiente:

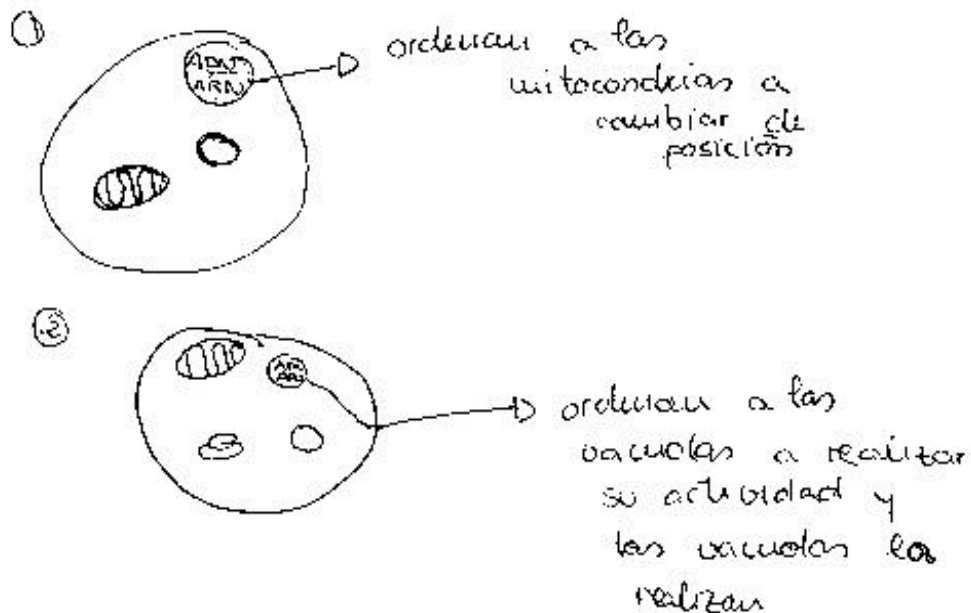


Y las analogías que para ella reflejan el cierto dinamismo del que se hablaba antes, aparecen en el mismo cuestionario ante la demanda de decir con tres frases cómo funciona una célula; sus respuestas son las siguientes:

- "Funciona como una fábrica, es decir, con distintos niveles de organización".
- "Funciona como en una jerarquía, hay distintos status sociales y cada status se encarga de una actividad dependiendo de sus superiores. El rey serían los ácidos nucleicos".
- "Como un país, dividido en autonomías, cada autonomía representa a un órgano que se encarga de una actividad".

Como vemos, usa en las tres ocasiones analogías y eso es significativo en términos de la representación que ha construido ante la demanda puesto que supone un modelo de interpretación que es intermediario entre la realidad -la célula- y su propia estructura cognitiva, es un modelo que le permite explicar cómo funciona esa cosa a la que está llamando célula; pero imprime un dinamismo a esa entidad a través de dichas analogías sin hacer descansar ningún elemento de las mismas en elementos estructurales reales de esa célula. Incluso cabe comentar que la primera de esas analogías es producto de repetición de clase ya que surgió en una discusión de la misma; si observamos el dibujo que realiza Tais para responder a:

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (la célula)?



vemos que efectivamente se están teniendo serios problemas en la comprensión de esta entidad tan compleja como es la célula y se ha construido, como ya se decía, un modelo que atiende tanto a estructura como a funcionamiento pero de una extrema limitación y capacidad predictiva y explicativa. Eso es lo que se observa en su respuesta a la pregunta del mismo cuestionario:

- Aprovecha este espacio para explicar el funcionamiento que tú crees que tiene una célula.

" La célula es una parte importante ya que en su núcleo se encuentra el material genético, y es éste el que va a dictaminar los caracteres de un individuo. Creo que una célula funciona gracias, en parte, a la respiración celular ya que de ella consigue el mayor aporte energético.

Pienso que la célula actúa siguiendo una especie de jerarquía. Esta jerarquía viene representada por distintos niveles de organización, cada nivel depende del que se encuentra encima y todos dependen del rey que serían los ácidos nucleicos. Cada nivel de organización tiene una actividad que realizar y es preciso que todos los niveles la realicen correctamente para un perfecto funcionamiento de la célula".

Ante la demanda de explicar el concepto célula en el examen de Origen de la Vida (18-11-96), Tais responde:

"Es la mínima unidad que tiene vida, es decir, que cumple las tres funciones vitales y va en contra de la entropía generando caos a su alrededor. La célula la podemos dividir en dos clases procariota y eucariota. Un ejemplo de la célula procariota es la bacteria".

Como vemos, es una respuesta muy concisa que incorpora adecuadamente los dos criterios según los cuales definirla, así como sus clases generales, pero que no hace ninguna referencia ni a estructuras ni a procesos fisiológicos. Su discurso es coherente, como se ha podido comprobar, y se caracteriza por mostrar en todo el ejercicio un grado aceptable, si no alto, de elaboración personal, si bien se observa que repite mecánicamente la información que maneja. Llama poderosamente la atención en este ejercicio el uso extraordinariamente limitado que hace de conceptos específicos celulares hasta el extremo de que prácticamente no se hace referencia a ninguno relativo a funcionamiento y en estructuras sólo se advierte la presencia de orgánulos en la célula y algunas, ¡no todas!, de sus moléculas constituyentes. Si bien en el cuestionario inicial parecía operar mentalmente con un modelo algo más global, limitado en términos explicativos y predictivos, ya que mostraba estar constituido por muy pocos elementos ("tokens"), pero relativamente funcional pues le permitía establecer ciertas analogías en sus explicaciones, ahora parece trabajar con un limitadísimo modelo de estructura celular a la que no le asigna funcionamiento alguno, como muestra el hecho de que, incluso, es incapaz de establecer deducciones e inferencias válidas o mínimamente razonables. Un ejemplo de ello es la brevísima respuesta que da a la siguiente pregunta:

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchan y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

pregunta que supone deducción, razonamiento y uso de varios conceptos que justifican el funcionamiento celular y que en el caso de Tais muestran, como veremos a continuación, su limitada capacidad explicativa.

"Las medusas son seres "lentos" de agua, es decir que sus células están llenas de agua, y mientras sus células contengan mucho agua están vivas pero desde que sus células pierdan esa agua se mueren y se arrugan".

En el siguiente ejercicio, referido a los Glúcidos (9-12-96) nuevamente se observa el uso de un discurso coherente pero en el que se incorporan frases librecas que dan muestras de una repetición mecánica de la información. Se incorporan, en todo caso, a ese discurso conceptos relativos a estructuras y a procesos celulares ausentes en el examen anterior y se muestra un cierto establecimiento de inferencias, si bien son pobres, que hacen pensar que Tais está operando con una representación estructural y con otra funcional que está intentando hacer correlacionar con esas pobres inferencias y deducciones pero inferencias y deducciones, al fin y al cabo, que suponen para ella una capacidad o poder predictivo y explicativo mayores de los que había mostrado en el ejercicio anterior. En todo caso, sus respuestas muestran errores que manifiestan ausencia de comprensión de la célula como entidad viva, errores que desde nuestro punto de vista, tienen su origen en el modelo construido, un modelo que no es global, único, sino que, a pesar de que hay indicios de intentos de integración, atiende por una parte a la estructura y por otra al funcionamiento celular. Puede ser ejemplo de ello la respuesta a la siguiente pregunta:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.

" A: Porque al inutilizarlas, usa el oxígeno y esto le resulta más rentable en el balance total energético".

B: No se puede afirmar eso. Las células vegetales también respiran pero, afortunadamente para nosotros, al respirar cogen más oxígeno del que necesitan y lo vuelven a expulsar. También cuando realizan la fotosíntesis están respirando.

C: Pienso que no se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo porque en el catabolismo se está "perdiendo" energía y la energía se pierde tanto (como) si eres autótrofo como si eres heterótrofo de la misma manera.

D: no porque los glúcidos son la principal fuente energética de la célula y también forman parte de las estructuras celulares de muchos vegetales, es decir, son materiales de construcción como por ejemplo la celulosa, en los animales".

Vemos que, como se comentaba, la comprensión es limitada en términos biológicos ya que se muestran errores importantes en todo el examen como, por ejemplo, confusión anabolismo/catabolismo o hialoplasma de la mitocondria, pero se observa, en todo caso, que hay una cierta capacidad explicativa y predictiva y, como se decía, un intento de integración al contemplar, si bien con errores, tanto el papel estructural como el funcional de los glúcidos en la célula. Ese aumento de su capacidad predictiva y, por tanto, su posibilidad de establecer deducciones e inferencias, se muestra en su respuesta a la siguiente pregunta:

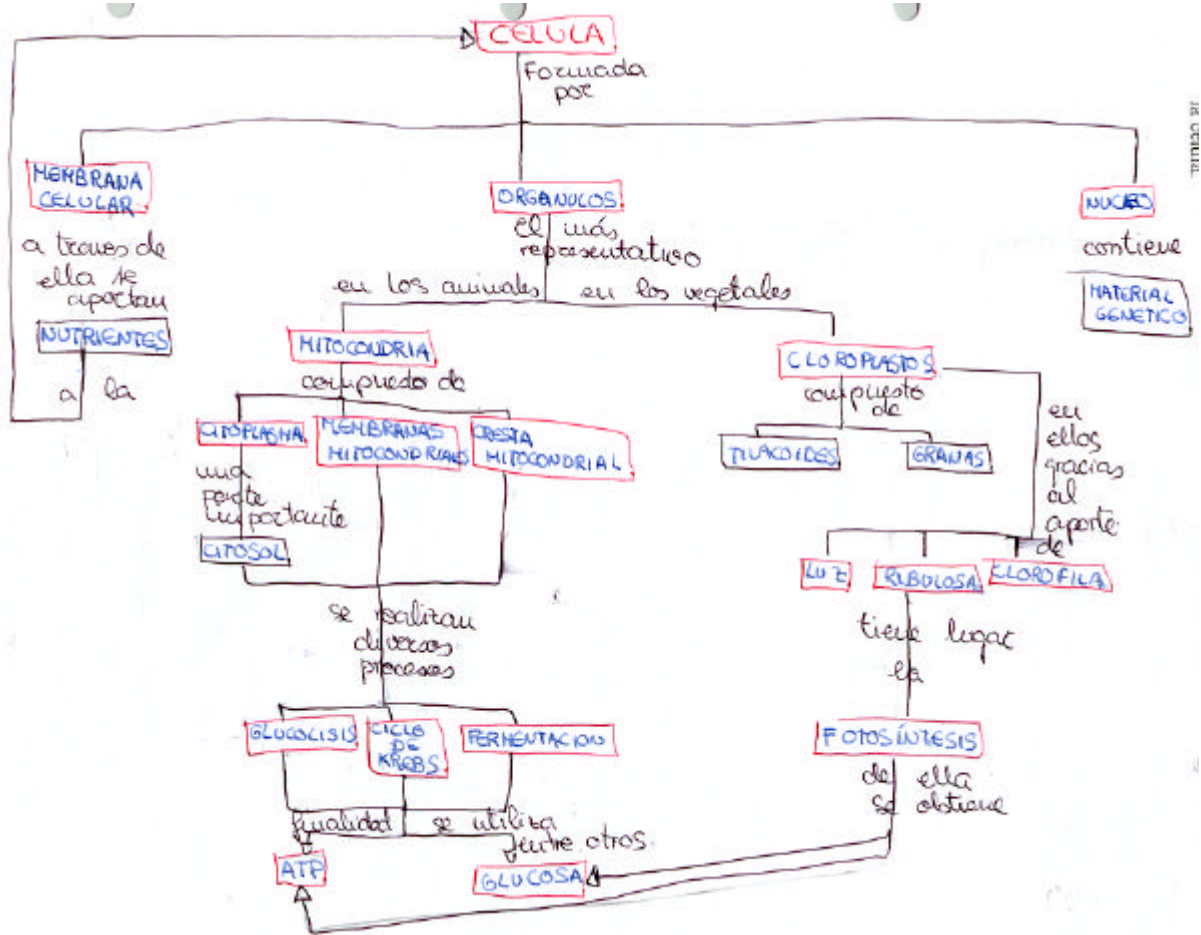
- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

"Durante la ovulación la mujer pierde mucha energía y eso hace que se tengan ganas de comer nutrientes dulces ya que éstos proporcionan al organismo la energía que necesita.

Si durante la ovulación, la mujer no tomara alimentos dulces se sentiría decaída y sin fuerzas, una manera de comprobar si esto es verdad es que la mujer no tomara alimentos dulces durante ese tiempo".

Si observamos el primer mapa conceptual ((9-1-97) vemos que, efectivamente, algunos de los errores que Tais ya mostró en el examen de Glúcidos se mantienen y que, por tanto, son estables, constituyen problemas o confusiones propias de su modelo, de su representación de la célula. Vemos que mantiene problemas con los conceptos fotosíntesis y respiración ya que no considera ésta última, como tal, y las mitocondrias en donde se produce en células vegetales, lo que es un indicio de que no hay comprensión del funcionamiento energético celular; del mismo modo, se observa que se usan conceptos relativos al metabolismo pero que éstos no se ubican correctamente, lo que se interpreta como consecuencia de un trabajo o razonamiento mental articulado en

torno a un esquema o representación relativa a la estructura y otra al funcionamiento que no se integran en un modelo global y que, consecuentemente, limitan la capacidad explicativa de Tais, como muestra la explicación de ella misma hace de su mapa.



"La célula se divide en tres partes fundamentales: la membrana celular, el núcleo y los orgánulos.

La membrana celular se encuentra en el exterior de la célula recubriéndola y a través de ella la célula recibe los nutrientes que proviene (n) del torrente sanguíneo.

El núcleo se encuentra en el interior de la célula y contiene el material genético.

Hay muchos orgánulos pero si tenemos que escoger uno como más representativo escogería la mitocondria en los animales y los cloroplastos en los vegetales.

La mitocondria está formada por un citoplasma, unas membranas mitocondriales y unas crestas mitocondriales.

En las partes de la mitocondria se realizan procesos de síntesis de glucosa que tiene como finalidad obtener ATP.

En los cloroplastos también se realizan procesos, pero estos procesos a parte de obtener ATP, obtienen también glucosa ya que son procesos catabólicos.

Uno de estos procesos puede ser la fotosíntesis que tiene lugar gracias al aporte de luz solar que viene del exterior y es recogida en las zonas verdes de los vegetales, también se utiliza ribulosa y clorofila.

Hay que señalar que en el mapa no aparecen todos los procesos que tienen lugar en la célula. Por ejemplo otro proceso catabólico sería la neoglucogénesis que tiene lugar en las mitocondrias. También se utilizan y se obtienen más productos pero no se obtienen en todos los procesos como el FAD, NAD, NADH₂, H₂O, CO₂,

El modelo de Tais parece dar un retroceso cuando se enfrenta al examen de Lípidos (26-2-97). Usa frases librecas con un discurso tan simple y tan pobre que en ocasiones ni se entiende, repitiendo mecánicamente la información. Sólo usa tres

conceptos relativos al funcionamiento celular y los tres son metabólicos: procesos catabólicos, procesos anabólicos y ciclo de Krebs, confundiendo, además, los dos primeros lo que en términos del funcionamiento celular es grave ya que muestra una nula comprensión del mismo; usa, sin embargo, con profusión conceptos relativos a la estructura celular. Si bien es cierto que establece alguna inferencia, éstas son pobres y, si lo pensamos, no puede ser de otra manera ya que generalmente se establecen entre estructura y funcionamiento y no parece que en esta ocasión Tais haya construido representación alguna para este último aspecto. Veamos esta pobreza en la explicación que da al concepto célula:

"Es la parte más pequeña de un organismo capaz de vivir independiente de otra célula".

Su lenguaje, su discurso y el uso que hace de la información cambian sustancialmente en el examen de Proteínas (14-3-97). Utiliza de manera bastante más equilibrada tanto conceptos estructurales como funcionales y genera explicaciones organizando autónomamente la información; un ejemplo es la respuesta a la pregunta:

- ¿Qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas ?.

"Si no existieran los enzimas, el funcionamiento de la célula sería muy lento, es decir, las reacciones que se producen en ella son muy lentas (;) por esa razón necesita que exista un enzima que haga que su velocidad de reacción aumente. Si esta velocidad de reacción produce una energía (energía de activación) a la célula le sale más rentable aumentar las velocidades con las que se produce una reacción ya que esto supone un aumento energético.

Los enzimas ayudan a romper los enlaces entre las moléculas que forman algunas estructuras para que formen otras. Si los enzimas no existieran las estructuras no se romperían y no podrían formarse otras".

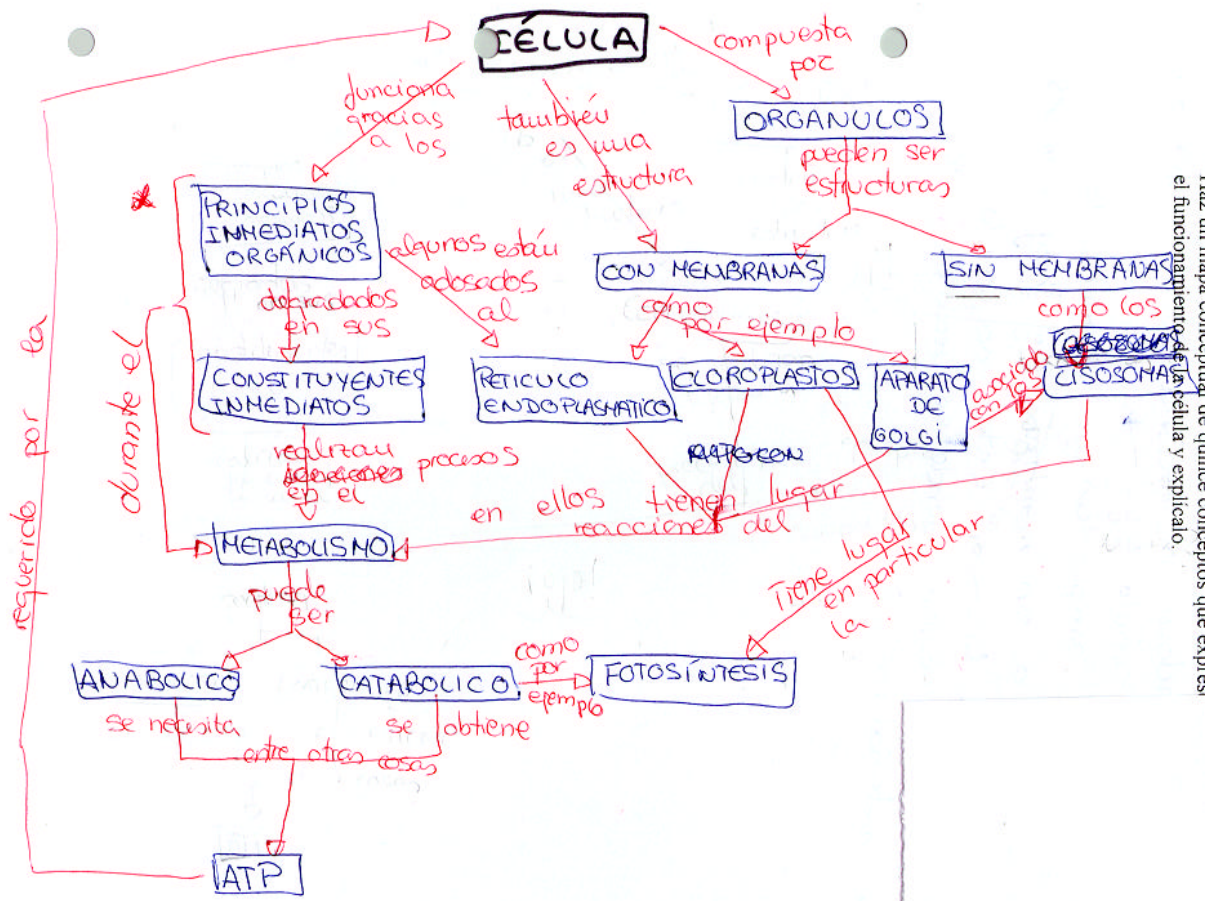
Nuevamente vemos que, sin hacer uso de conceptos específicos, se observa una muy global comprensión que da muestras de intentos por integrar estructura y funcionamiento, pero son intentos que no la dotan de capacidad predictiva, no le permiten razonar globalmente estableciendo inferencias y deducciones lógicas y coherentes, como muestra lo siguiente:

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

"Si esa sustancia inactiva la enzima que permite sintetizar las proteínas que incorporan esos aminoácidos y la planta que absorbe ese herbicida no produce, por consiguiente, esos aminoácidos, de nada servirá cultivarlos porque no nos aportan algunos aminoácidos esenciales que nosotros no podemos sintetizar y que sin ellos algunas funciones no se realizan.

Sabemos que nuestro organismo no sintetiza proteínas que contengan fenilalanina. Sabemos que hay plantas que sí las sintetizan (si no hay algún inhibidor como Roundup), sabemos que si las plantas absorben esa(s) sustancias no sintetizan proteínas. Entonces para comprobar lo expuesto antes, podemos hacernos unas analíticas (...)"

Las dificultades por las que pasa la mente de Tais para comprender la célula son evidentes ante el segundo mapa conceptual (1-4-97) que elabora al respecto y para lo que construye una representación bastante caótica en la que la propia selección de conceptos es arbitraria y que muestra la incorporación de elementos estructurales y absoluta incomprensión en los pocos conceptos relativos a funcionamiento que ha seleccionado.



El examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) incluye como pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos ?. Razona la respuesta.

La respuesta de Tais es.

"Los ácidos nucleicos están muy relacionados con la célula ya que son ellos los encargados de muchas de sus funciones, por ejemplo: cuando una célula se divide, los ácidos nucleicos son los encargados de dividirse para que una célula tenga la misma información que la madre".

Vemos que es una respuesta muy breve que da una idea muy pobre del papel de los ácidos nucleicos en la célula y que, curiosamente, sólo se refiere al funcionamiento, pero con una extrema limitación del mismo. Cabría preguntarse si en el momento en el que contestó a esta pregunta tenía en mente alguna representación de estructura celular porque su respuesta no es más que una frase mecánicamente repetida de la información recibida. Llama la atención fundamentalmente el no escaso sino nulo uso del contenido trabajado en las unidades anteriores, contenido que, como se ve, no es capaz de

recuperar ante esta nueva demanda que precisa, nuevamente, construir una representación, un modelo, que actúe de intermediario para poder elaborar una respuesta que, como se ha expuesto en este caso, es muy limitada tanto en términos explicativos como predictivos. Llama poderosamente la atención que en este examen Tais no usa ni un solo concepto específico relativo ni a estructuras ni a procesos celulares, cuando la necesidad de usarlos es evidente.

La interpretación que hace del símil de la célula como si fuera una fábrica (13-5-97) también es curiosa. En la misma no usa ningún concepto relativo a procesos celulares y va utilizando los distintos conceptos relativos a estructuras haciendo uso de algunas analogías, como ya hiciera en el cuestionario inicial, algunas de las cuales son autónomas y otras producto de repetición mecánica de las planteadas en clase. En todo caso, de nuevo nos encontramos con una capacidad predictiva y explicativa bastante limitada que, analizando dicho texto y viendo que no incorpora funcionamiento, hacen pensar que ante esta tarea ha construido una representación estructural pobre de la célula a la que muy tímidamente le ha querido imprimir un limitadísimo dinamismo a través de esas breves analogías.

"En este dibujo se ve cómo cada orgánulo tiene su función dentro de la célula.

La membrana es como el portal por donde entran los nutrientes a la célula. Los lisosomas que harían el papel de limpiadores o "barrenderos.", Las vacuolas digestivas que están representadas por los obreros que rompen enlaces.

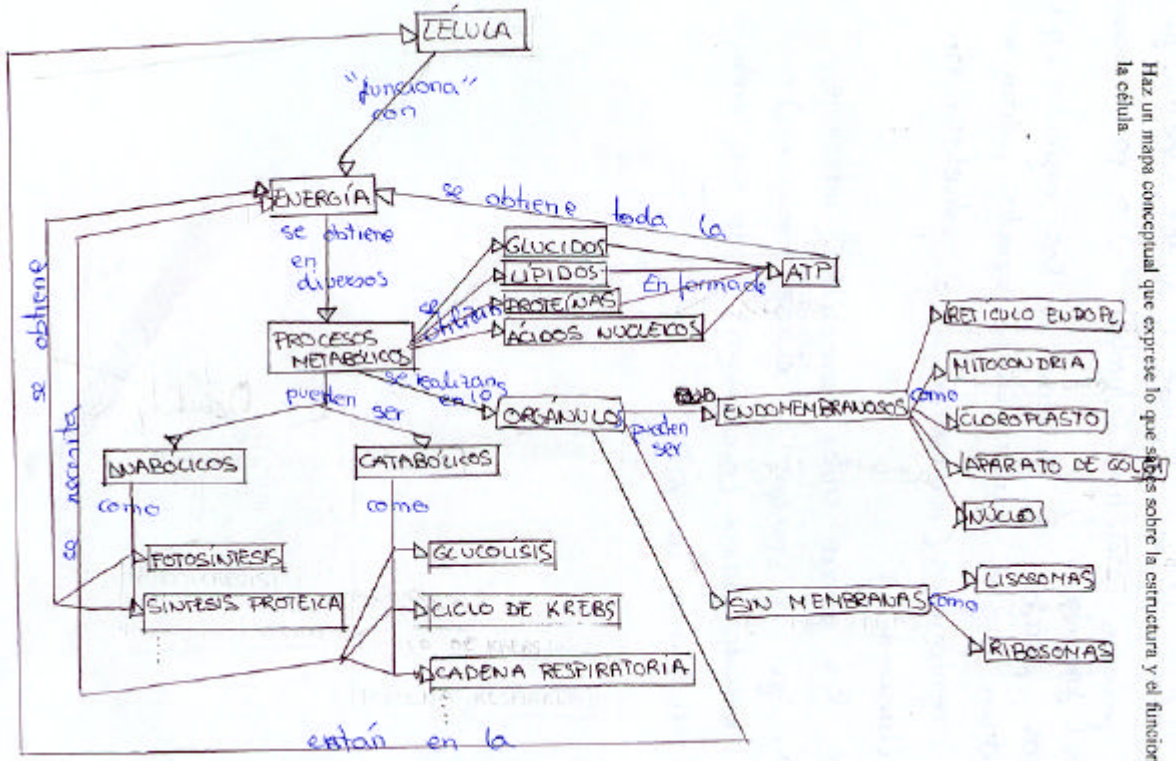
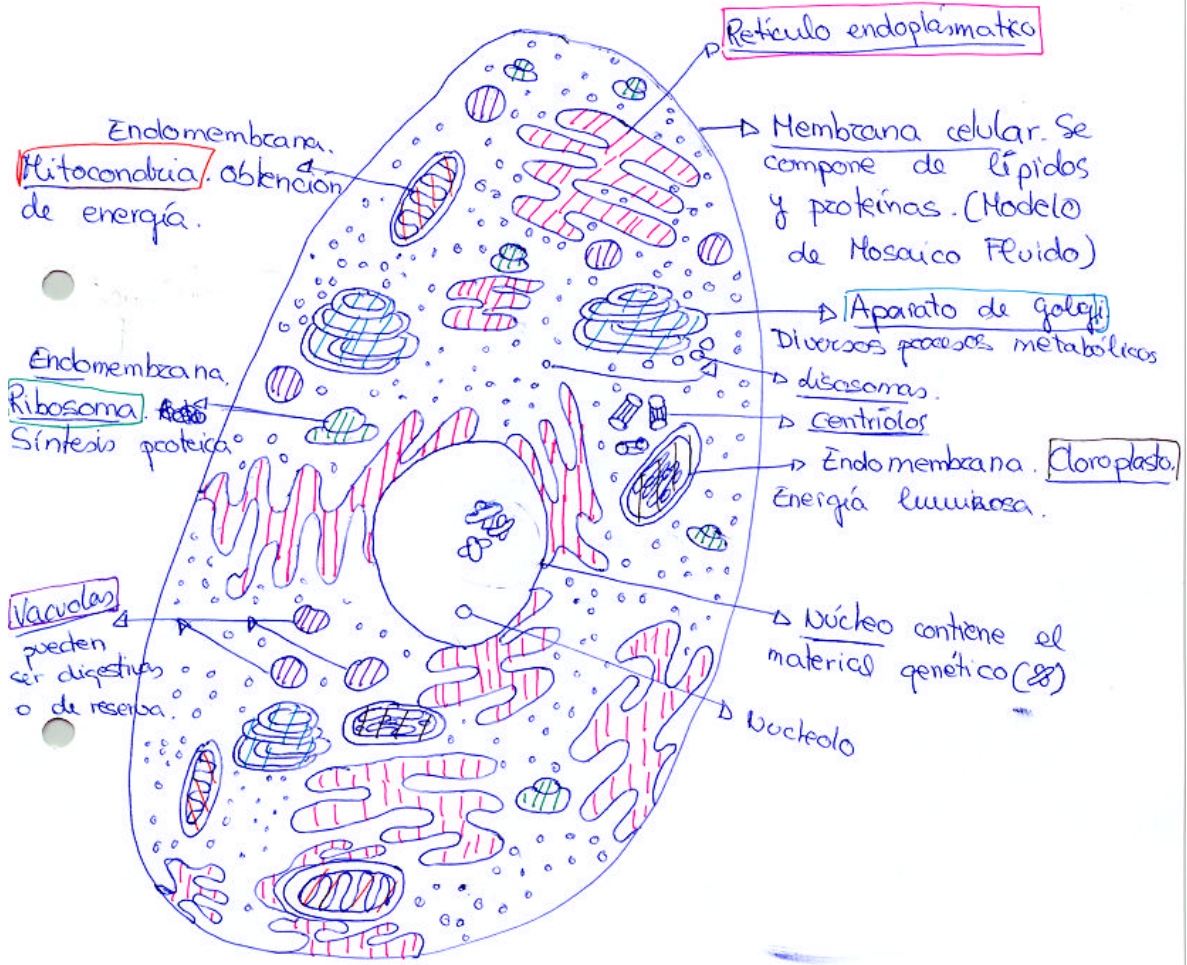
La mitocondria principal centro de energía.

Los retículos endoplasmáticos, que transportan las moléculas, que provienen del ribosoma () hasta, por ejemplo, las vacuolas de almacenamiento.*

Y por último el núcleo encargado de supervisar todas las operaciones, el centro de mando de la gran empresa que sería la célula.

() El ribosoma encargado de unir moléculas simples para formar proteínas".*

Su dibujo (19-5-98) para plasmar estructura y funcionamiento parece dar muestras de una incorporación importante de elementos estructurales, sobre todo si comparamos con el que ya hiciera en el cuestionario inicial, y, también, de esa incorporación, aunque más tímida de funcionamiento celular; pero éste último se articula en torno a frases y comentarios que no tienen carácter de continuidad en el dibujo, que no relacionan diferentes procesos y en diferentes estructuras sino que, simplemente responden a una relación o catálogo de cosas que se sabe que hace la célula y en diferentes elementos estructurales pero nada más. No es un dibujo dinámico, no es un dibujo complejo, sino que responde a una representación habitual libresco en la que, en todo caso, como ya se expresó, se observa incorporación de nueva información si comparamos con el inicio de curso, pero es una información que se procesa y se utiliza según un modelo dual que atiende por un lado a estructura y por otro a funcionamiento, modelo dual que no la capacita o que no le aumenta su poder explicativo, como muestran los problemas que manifiesta en su tercer mapa conceptual (21-5-97), problemas y errores que no se tendrían si se tuviera un modelo global integrado de estructura y funcionamiento que la dotaría, además, de poder predictivo. Moléculas, orgánulos y procesos, según este mapa, no tienen nada que ver, no mantienen ninguna relación, lo que reafirma los problemas de integración comentados en la representación mental que ha construido Tais para la entidad "célula". La interpretación precedente se apoya en el siguiente diseño y en el mapa que se expone a continuación.



Haz un mapa conceptual que exprese lo que sabes sobre la estructura y el funcionamiento de la célula.

El recurso a cosas conocidas, cotidianas, del que ha hecho gala esta alumna en algunas ocasiones para hacerle frente al funcionamiento celular y para intentar comprenderlo, como análogo estructural del mismo para ella, vuelve a manifestarse en el cuestionario final (29-5-97). Para explicar cómo funciona una célula se le piden tres frases; su respuesta es la siguiente:

- *Funciona como una fábrica, cada orgánulo tiene una función y los orgánulos se relacionan entre sí.*
- *Funciona con energía que adquiere de diferentes procesos.*
- *Funciona como una asociación de empresas, una se encarga de romper enlaces, otra de limpiar,*

Las interacciones estructura/funcionamiento, como vemos, son muy pobres y reflejan sólo una idea global del segundo de los aspectos que muestra, eso sí, intentos de integración de ambos. La entrevista que se hizo al final del curso (6-6-97) tiene algunos fragmentos de interés. El primero de ellos es la descripción que hace de su imagen de célula:

ML : ¿"Célula" ?

Tais : *el huevo no ; una estructura con orgánulos dentro, membrana.*

ML : descríbeme la imagen que tienes ... de manera gráfica.

Tais : *a ver, una figura irregular con una membranita doble así alrededor, después por ahí salen el retículo endoplasmático, después llega al núcleo que está en el centro, que tiene poros así y nucleolo, es redondo y con unas cositas [...] como poros, agujeritos por los lados ... con mitocondrias por ahí también.*

Puede observarse que sólo hace referencias a estructuras y describe una imagen estática. Esto contrasta con lo que responde, un poco más adelante, cuando se le pregunta qué le sugiere gráficamente el funcionamiento de una célula; ve una sucesión de procesos en el tiempo, muestra haber adquirido interacción de unos orgánulos con otros y, de nuevo, recurre a una analogía. Su mente está operando con un modelo estructural de célula al que ella quiere darle dinamismo, sobre el que quiere construir su funcionamiento, pero se queda en ese doble nivel, operando con dos esquemas, con dos representaciones que, aunque ha querido integrarlas y lo ha intentado varias veces, como hemos visto, aún operan en su mente de manera aislada. Muestra de ello es lo que ella misma afirma:

Tais : *que yo ... he estudiado la célula pero no tenía en cuenta los procesos que se hacían en ella sino la célula ... hace tal cosa y da esto y punto ; nooo, no lo investigaba, no, no sabía que en el cloroplasto, eso sí pero en la mitocondria se, se hacía un proceso y que de ese proceso salía energía para hacer otras cosas.*

Si hacemos un repaso a su evolución a lo largo del curso, vemos que efectivamente ésa ha sido la tónica que ha seguido Tais; su mente ha trabajado a lo largo del mismo frente a la célula como entidad entre un modelo que sólo atendía a su estructura y otro modelo dual según el cual esa estructura funcionaba de una determinada manera, pero ese funcionamiento generalmente ha sido limitado, poco predictivo, pues no le permitía establecer inferencias y deducciones elaboradas y consistentes, y poco explicativo para lo que ha recurrido, en todo caso, al uso de analogías y en lo que ha usado conceptos específicos de manera bastante limitada. Su conjunto de entidades físicas, entendidas como orgánulos y moléculas, ha aumentado un poco, si bien ha sido bastante estable; su conjunto de propiedades y características, entendido como propiedades y características físico-químicas de las mismas, se ha

usado poco y, en todo caso, tampoco ha aumentado, como vemos en los conceptos generales y en otros conceptos biológicos; y, por último, su conjunto de relaciones e interacciones, o sea, procesos, también es limitado y se ha desarrollado poco, como puede verse, ya que incorpora, eso sí, conceptos metabólicos, aunque muy limitadamente, y con errores considerables, como se ha expuesto, y prácticamente no usa otros procesos celulares. Tais ha mantenido un modelo bastante estable a lo largo del curso, una construcción mental, un análogo estructural de la célula que para ella es válido, útil y con el que explica -básicamente recurriendo a analogías- pero muy limitado biológicamente y que, por responder a una representación no integrada, dual, la conduce a manifestar problemas y errores biológicos importantes que le impiden una mayor capacidad explicativa y predictiva. El modelo que ha construido que, como vemos, es muy rígido, le impide desarrollar un mayor grado de abstracción, una integración y reconciliación de todo el contenido trabajado en la asignatura, una comprensión más acorde con la entidad a la que se ha enfrentado que ha quedado de manifiesto que para ella ha actuado como entidad abstracta a la que accede, precisamente, con el modelo que ha construido como intermediario entre la misma y su mente, un modelo mental dual o B.

ANEXO N° 17:

VIRTUDES

NOMBRE: Virtudes

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, núcleo, citoplasma, orgánulos, membrana celular, ser vivo, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, vida, respiración celular, ribosomas, mitocondrias, vacuolas, aparato de Golgi, información.	Célula, orgánulos, membrana, ribosomas, lisosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, núcleo, organismo, nutrientes, energía, glúcidos, lípidos, proteínas, anabolismo, metabolismo, peroxisoma, catabolismo, ATP.	Relación, nutrición, células, seres vivos, vida, reproducción, respiración, anabolismo, catabolismo, orgánulo, cromosomas, núcleo, nutrientes, mitocondria, citoplasma, membrana, retículo endoplasmático, metabolismo, ciclo de Krebs, energía, lípidos, glúcidos, proteínas.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro (¡y ni eso; repite de clase!)	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (Ej: preg. 4 -frases sueltas-)	Simple y pobre (Ej: preg. 3: frases sin significado)	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica (¡ojo! En preg. 4 contesta prácticamente lo mismo que en octubre)	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso (1º y 3º) No uso (2º)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: azúcar. • Lípido: grasa. • Ácido nucleico: cromosomas -libro. • Célula: redonda con núcleo dentro y orgánulos alrededor. • Meiosis: división (de libros). • Reproducción: nacimiento. • Ser vivo: nosotras. • Nutrición: alimentándonos -recorrido de los nutrientes en el ser vivo. • Relación: entre dos seres.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento (Ej: preg. 4 -repetición mecánica)	No establecimiento	Pobres (en la foto deduce)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • núcleo: ordena a los orgánulos a realizar diferentes funciones que esta célula realiza; orgánulos: realizan las funciones ordenadas por el núcleo como la reproducción, relación, nutrición, respiración, etc. Extrabiol./autónoma. • Refuerza la misma analogía en la preg. 6. 	No se detectan	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)
		<ul style="list-style-type: none"> • 10-11-98: el dibujo y la respuesta de preg. 2 merece la pena ponerlo: no delimita estructuras. • Preg. 3 B: confusión y ninguna idea de funcionamiento. • Preg. 4: prácticamente igual que en octubre ←poner los dos. • Preg. 6: no se entiende (¡a partir del proceso!). 	

- Su modelo no se parece a la foto de M.E.; el aspecto no es así aunque tiene núcleo y orgánulos. "Los orgánulos como más repartidos por toda la célula".
- Pág. 5 A: deduce porque piensa.
- Pág. 6 A: su modelo de célula no particulariza las estructuras de los distintos orgánulos pero ella los sabe por las fotos y los dibujos.
- Pág. 7 A: su modelo no ha cambiado en estructuras; ha cambiado en el funcionamiento.
- Pág. 7 B: responde a un modelo de funcionamiento: "ve los nutrientes y lo que hacen". Se ha imaginado la misma estructura ya descrita pero con este funcionamiento. Yo creo que guarda relación con el dibujo (10-11-98).
- Pág. 8 A: funcionamiento -ideas sueltas. Le incorpora esto a su modelo.

NOMBRE: Virtudes

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, metabolismo, anabolismo, catabolismo, fotosíntesis, cloroplastos, luz (solar), agua, dióxido de carbono, glucólisis, ciclo de Krebs, fermentación, cadena respiratoria, citoplasma, mitocondria, glucosa, FAD, ATP, NADH, energía.	Célula, catabolismo, anabolismo, fotosíntesis, oxígeno, dióxido de carbono, energía, lípidos, glúcidos, proteínas, metabolismo, β -oxidación, cetoácido, ciclo de Krebs, ATP.	Célula, orgánulos, anabolismo, catabolismo, retículo endoplasmático, mitocondrias, núcleo, ribosomas, glúcidos, lípidos, proteínas, ADN, ARN, ácidos nucleicos, código genético, cromosoma.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente	Arbitraria (Ej: cetoácido y no hay nada de orgánulos)	Arbitraria (muy limitada y sin procesos celulares)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Ausente	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	<ul style="list-style-type: none"> Explica con cierta fluidez → ubica varias cosas más en la explicación, pero hay un problema de comprensión: finalidad y productos finales → por ejemplo: la fotosíntesis da ATP. Sí que hay idea de transformación de energía. Un nivel con procesos metabólicos y sólo ubica o nombra cloroplastos y citoplasma. 	<ul style="list-style-type: none"> Frases sin sentido y sueltas en la explicación. Mapa muy parecido al anterior. 	

NOMBRE: Virtudes

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, lisosomas, lípidos, vacuolas, mitocondria, energía, ciclo de Krebs, vegetales, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, información.	Célula, proteínas, ácidos nucleicos, sales minerales, organismo, orgánulos, núcleo, funciones vitales, aparato de Golgi, vacuolas, citoplasma, mitocondrias, seres vivos, organización, agua.	Anaerobio, ATP, fermentación, células, animales, vegetales, fotosíntesis, autótrofos, heterótrofos, catabolismo, glúcidos, glucólisis, mitocondria, hialoplasma, proceso anabólico, nutrientes, metabolismo, energías.	Aparato de Golgi, células, vegetales, animales, lípidos, retículo endoplasmático, mitocondria, catabolismo, organismo, membrana, citoplasma, orgánulos, energía, nutrientes, seres vivos, β -oxidación, ciclo de Krebs, vida, medio, ácidos grasos.	Proteínas, aminoácidos, célula, enzimas, catabolismo, anabolismo, organismo, anticuerpos, antígenos, inmunidad, linfocitos, vacuolas, sistema inmunológico, respuesta inmune, energía, apoenzimas, holoenzimas, coenzimas.	Cromosomas, reproducción, herencia, sexo, ADN, ARN, núcleo, célula, mitosis, profase, metafase, anafase, telofase, meiosis, seres vivos, genes.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas)	Simple y pobre (frases sin hilo conductor)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación (¡el discurso es fluido!)	Simple y pobre (¡lectura difícil!)	Simple y pobre (¡lectura difícil!)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso (no refiere al dibujo)	Uso (en célula)	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Pobres (Ej: preg. 7)	Pobres	Pobres (preg. 4)	Pobres	No establecimiento
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (sin embargo: núcleo como si fuese un gran ordenador. Extrabiol./repetición del dibujo)	No se detectan	No se detectan	No se detectan (es ret. endoplasmático -me baso en el aspecto que tengo de él)	No se detectan	No se detectan
		Explicación y dibujo iguales a lo que pone en el cuestionario.	Preg. 3: ausencia total de comprensión. Preg. 7: comentario del frío interesante y original.	En mitocondria: explicación interesante de catabolismo. En célula: sólo (casi) definición.		

NOMBRE: Virtudes

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Núcleo, citoplasma, orgánulos, membrana celular, célula, reproducción, relación, nutrición, respiración, ribosomas, mitocondrias, vacuolas, aparato de Golgi.	Núcleo, lisosoma, aparato de Golgi, ribosomas, membrana, peroxisoma, retículo endoplasmático. • no hace 2º dibujo.	Membrana, vacuola, núcleo, ribosomas, lisosomas, aparato de Golgi, mitocondria, sustancias, energía, información.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (y si acaso!: el primero: huevo frito)	De libro (¡el primero: casi huevo frito!)	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (muy limitada y dos frases muy genéricas en funcionamiento)	Identificación (¡incluso sin delimitar bien algunas estructuras como ribosomas o aparato de Golgi!)	Identificación y comentarios de funciones (¡algunos!) con uso de palabras y frases y algunas flechas
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático.

NOMBRE: Virtudes

CURSO: COU A

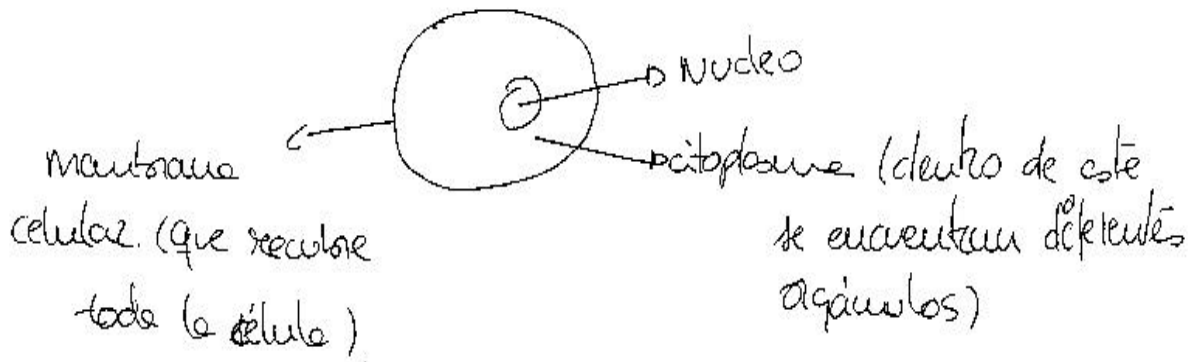
FECHA: 30-7-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, núcleo, citoplasma, orgánulos, membrana celular, ser vivo, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, vida, respiración celular, ribosomas, mitocondrias, vacuolas, aparato de Golgi, información.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, proteínas, ácidos nucleicos, sales minerales, organismo, orgánulos, núcleo, funciones vitales, aparato de Golgi, vacuolas, citoplasma, mitocondrias, seres vivos, organización, agua.
ex. GLUC. 9/12/96	Anaerobio, ATP, fermentación, células, animales, vegetales, fotosíntesis, autótrofos, heterótrofos, catabolismo, glúcidos, glucólisis, mitocondria, hialoplasma, proceso anabólico, nutrientes, metabolismo, energías.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, metabolismo, anabolismo, catabolismo, fotosíntesis, cloroplastos, luz (solar), agua, dióxido de carbono, glucólisis, ciclo de Krebs, fermentación, cadena respiratoria, citoplasma, mitocondria, glucosa, FAD, ATP, NADH, energía.
ex. LÍP. 26/2/97	Aparato de Golgi, células, vegetales, animales, lípidos, retículo endoplasmático, mitocondria, catabolismo, organismo, membrana, citoplasma, orgánulos, energía, nutrientes, seres vivos, β -oxidación, ciclo de Krebs, vida, medio, ácidos grasos.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, aminoácidos, célula, enzimas, catabolismo, anabolismo, organismo, anticuerpos, antígenos, inmunidad, linfocitos, vacuolas, sistema inmunológico, respuesta inmune, energía, apoenzimas, holoenzimas, coenzimas.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, catabolismo, anabolismo, fotosíntesis, oxígeno, dióxido de carbono, energía, lípidos, glúcidos, proteínas, metabolismo, β -oxidación, cetoácido, ciclo de Krebs, ATP.
ex. AN. 12/5/97	Cromosomas, reproducción, herencia, sexo, ADN, ARN, núcleo, célula, mitosis, profase, metafase, anafase, telofase, meiosis, seres vivos, genes.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, orgánulos, anabolismo, catabolismo, retículo endoplasmático, mitocondrias, núcleo, ribosomas, glúcidos, lípidos, proteínas, ADN, ARN, ácidos nucleicos, código genético, cromosoma.
Símil de la fábrica 22/5/97	Membrana, célula, lisosomas, lípidos, vacuolas, mitocondria, energía, ciclo de Krebs, vegetales, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, información.
Dibujo estruc/función 22/5/97	Membrana, vacuola, núcleo, ribosomas, lisosomas, aparato de Golgi, mitocondria, sustancias, energía, información.
Cuestionario final 28/5/97	Célula, orgánulos, membrana, ribosomas, lisosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, núcleo, organismo, nutrientes, energía, glúcidos, lípidos, proteínas, anabolismo, metabolismo, peroxisoma, catabolismo, ATP.
Entrevista. 6/6/97	Relación, nutrición, células, seres vivos, vida, reproducción, respiración, anabolismo, catabolismo, orgánulo, cromosomas, núcleo, nutrientes, mitocondria, citoplasma, membrana, retículo endoplasmático, metabolismo, ciclo de Krebs, energía, lípidos, glúcidos, proteínas.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, citoplasma, orgánulos, membrana celular, ribosomas, mitocondrias , vacuolas, aparato de Golgi.	Orgánulos, núcleo, aparato de Golgi, vacuolas, citoplasma, mitocondrias	Mitocondria, hialoplasma.	Cloroplastos, citoplasma, mitocondria.	Aparato de Golgi, retículo endoplasmáti co, mitocondria, membrana, citoplasma, orgánulos.	Vacuolas.	-	Cromosomas , núcleo.	Membrana, lisosomas, vacuolas, mitocondria, retículo endoplasmáti co liso, retículo endoplasmáti co rugoso, núcleo.	Membrana, vacuola, núcleo, ribosomas, lisosomas, aparato de Golgi, mitocondria.	Orgánulos, retículo endoplasmáti co , núcleo, ribosomas, cromosoma.	Orgánulos, membrana, ribosomas, lisosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmáti co núcleo, peroxisoma.	Orgánulo, cromosomas, núcleo, mitocondria, citoplasma, membrana, retículo endoplasmáti co.	AG5,ctp15,cl pt1,crma3,hl p11,liss3,mm br6,mmbrcl 1,mitc9,núcl 8,org6,peroxi soma1,RE5, REL1,RER1, rib4.
Moléculas	-	Proteínas, ácidos nucleicos, sales minerales, agua.	ATP, glúcidos, nutrientes.	Dióxido de carbono, agua, glucosa, FAD, ATP, NADH.	Lípidos, nutrientes, ácidos grasos.	Proteínas aminoácidos, enzimas, apoenzimas, holoenzimas, coenzimas.	Oxígeno, dióxido de	ADN, ARN, genes.	-	-	Glúcidos, lípidos, proteínas, ADN, ARN, ácidos nucleicos.	Nutrientes, glúcidos, lípidos, proteínas, ATP.	Nutrientes, lípidos, glúcidos, proteínas.	Acgr1,AN2, ADN2,agua2 ,aa1,apoenz1 ,ARN2,ATP 4,coenz1,enz 1,gen2,glúc5, líp5,nutriente 4,prot6,sm1.
PROCESOS Mts.	Respiración celular.	-	Anaerobio, fermentación , fotosíntesis, autótrofos, heterótrofos, catabolismo, glucólisis, proceso anabólico, metabolismo.	Metabolismo , anabolismo, catabolismo, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs, fermentación , cadena respiratoria.	Catabolismo, β-oxidación, ciclo de Krebs.	Catabolismo, anabolismo.	Catabolismo, anabolismo, fotosíntesis, metabolismo, β-oxidación, ciclo de Krebs.	-	Ciclo de Krebs.	-	Anabolismo, catabolismo.	Anabolismo, metabolismo, catabolismo.	Respiración, anabolismo, catabolismo, ciclo de Krebs.	Anb6,anaerb 1,autóf1,â- ox2,cadresp1 ,cat8,cKrebs 5,fermet2,ftst 3,glucólisis2, heteróf1,mtb 5,resp2,resp el1,síntesis3.
Otros	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción	Funciones vitales.	-	-	-	-	-	Reproducció n, mitosis, profase, metafase, anafase, telofase, meiosis.	-	-	-	-	Relación, nutrición, reproducción	Anaf1,funcio nes2,FV2,me iosis1,metaf1 ,mitosis1,nut 2,prof1,rel2,r ep3,telof1.
CONCEPs GRALES:	Célula, ser vivo, vida, información.	Célula, organismo, seres vivos, organización.	Células, animales, vegetales, energías.	Célula, luz, energía.	Células,veget ales, animales, organismo, energía, seres vivos, vida, medio.	Célula, organismo, energía.	Célula, energía.	Herencia, célula, seres vivos.	Célula, energía, vegetales, información.	Sustancias, energía, información.	Célula.	Célula, organismo, energía.	Células, seres vivos, vida, energía.	Ani2,célula1 2,energía9,he rencia1,infor mación3,med io1,organism o4,organizaci ón1,svv5,vgt 3,vida3.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	-	Anticuerpos, antígenos, inmunidad, linfocitos, sistema inmunológico	-	Sexo.	-	-	Código genético.	-	-	Anticuerpo1, antígeno1,cód gen1,inmuni dad1,linfocit o1,respuesta 1,respustain

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
						o, respuesta inmune.								mune1,sexo1 ,sistinmunoló g1.
MODELO	A	A	B	B	B	A	A	A	A	B	A	A	B	A

Virtudes empieza el curso operando con una representación de célula que es básicamente estructural, una entidad estructural para la que es capaz de usar distintos orgánulos, pero sin delimitarlos específicamente. El primer registro de su representación (cuestionario inicial -22-10-96) es como sigue:



Es, como vemos, una representación limitada, pobre en términos explicativos y predictivos, como muestra lo siguiente:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y para funcionar como una célula?

"Para ser una célula le hace falta un núcleo y su citoplasma en donde se encuentran los orgánulos.

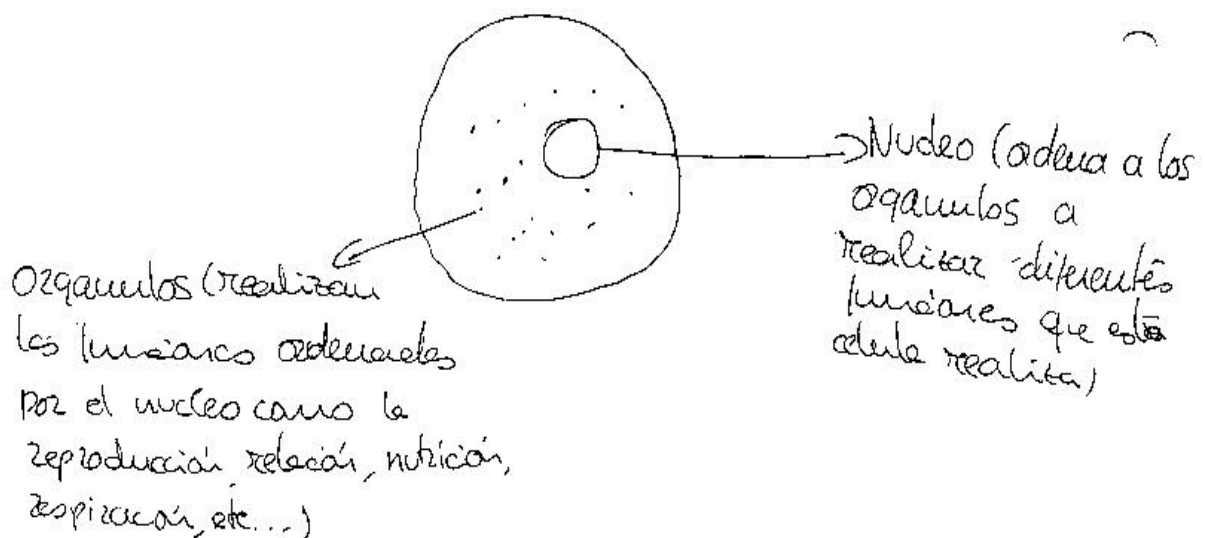
Para ser físicamente una célula debe tener también igual que anteriormente un núcleo, un citoplasma y una membrana celular.

Para funcionar como una célula le hace falta un núcleo que ordene determinadas funciones y unos orgánulos que las realice(n) cada uno la correspondiente".

En el mismo cuestionario, también se solicita:

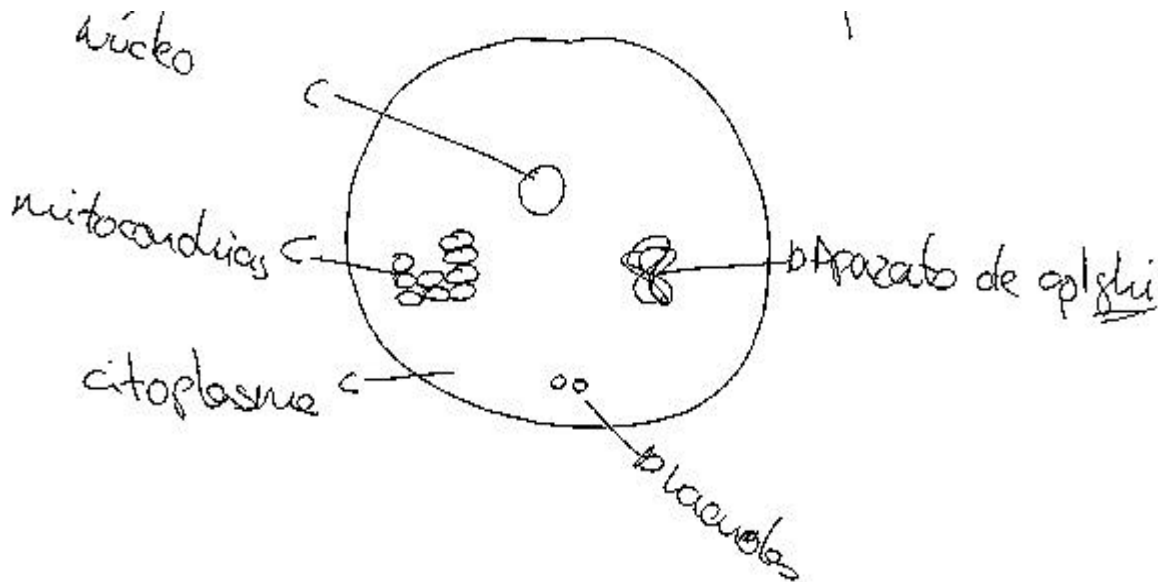
- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?

y en su respuesta, Virtudes reafirma una representación muy limitada que responde a una simple imagen de "huevo frito" pero en la que incorpora para explicar el funcionamiento celular una analogía como intermediaria entre la realidad célula y su representación.



Esta representación con la que trabaja mentalmente Virtudes vuelve a ponerse de manifiesto en el examen de Origen de la Vida (18-11-96) ante la explicación de célula que se solicita. En su respuesta, repite la analogía de "orden" ya plasmada en el cuestionario inicial y recurre voluntariamente a usar un dibujo que, como veremos, sigue manteniendo la idea de simple estructura estática similar a un huevo frito.

"Célula: es una de la(s) parte(s) viva(s) más pequeñas y que consta de muchos orgánulos que mandados por su núcleo realizan diferentes funciones vitales."



En este ejercicio, en sus explicaciones y predicciones, Virtudes no usa ningún concepto metabólico y el funcionamiento celular para ella sólo consiste en las funciones vitales, único concepto fisiológico al que recurre. Sin embargo, en el examen siguiente (Glúcidos -9-12-96) hace un uso importante de conceptos metabólicos que son simplemente producto de repetición mecánica de una información libresco que no amplía su capacidad explicativa y que no le permiten tampoco mucho poder predictivo, a juzgar por las inferencias y deducciones que establece que, aunque presentes, son pobres. Parece intentar, analizando este ejercicio, una comprensión del funcionamiento energético de la célula pero que le resulta dificultosa y que no hace interactuar con la estructura en la que se produce, lo que se interpreta como un trabajo mental con un doble modelo que no favorece, como se comentaba, la comprensión y que queda evidente ante lo siguiente:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *Un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas porque con el oxígeno llega más pronto a la obtención de ATP que si lo hiciera por las vías de fermentación y además obtendría también gran cantidad de ATP.*
- *No ya que tanto las células animales como las vegetales respiran lo que pasa es que en algunos momentos los vegetales en vez de coger oxígeno cogen CO₂ o viceversa, pero*

esto no quiere decir que no respiren porque para llevar a cabo la fotosíntesis les hace falta O₂. En conclusión tanto los animales como vegetales respiran.

- *Sí, ya que tenemos células autótrofas o heterótrofas y por tanto tenemos que estudiar su catabolismo separado ya que son diferentes.*
- *No, porque los glúcidos entran en la célula transformándose en diferentes sustancias, y luego éstas que no son utilizadas se almacena (n).*

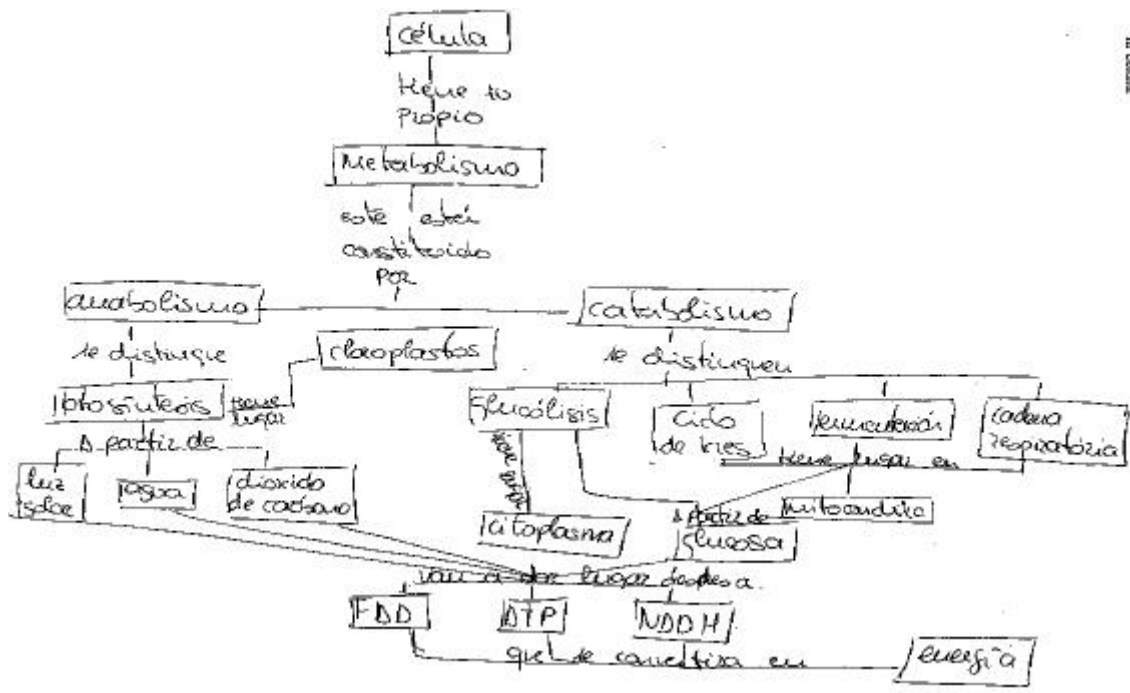
Vemos que, efectivamente, la representación de Virtudes utiliza con profusión diferentes procesos y conceptos metabólicos pero no usa ninguno estructural y, sobre todo, que ese esquema la lleva a manifestar errores biológicos que suponen ausencia de comprensión ya que, de haber establecido conexiones estructura/función, o sea, de haber construido un modelo global, hubiese advertido las secuencias y finalidades de los procesos estableciendo el recorrido que hacen sus moléculas protagonistas y, por lo tanto, los orgánulos y estructuras implicados en los mismos. Pero, en todo caso, como ya se expresó, Virtudes relaciona procesos y busca una mayor y mejor explicación de los mismos dentro del funcionamiento celular, como muestra el hecho de que es capaz de establecer, si bien de manera limitada, inferencias y deducciones relativas al mismo, como vemos ante la pregunta:

- “ En 1906, Gandhi ideó su primera campaña de resistencia no violenta, durante la cual mantuvo diferentes huelgas de hambre, consistentes en prolongados ayunos voluntarios. En España, recientemente, un grupo de personas solidarias con los habitantes del Tercer Mundo ha recurrido a este medio de protesta para solicitar un aumento del porcentaje del Producto Interior Bruto (PIB) (del 0,3% al 0,7%) que se destina a la ayuda de estas zonas desfavorecidas. La huelga de hambre no está exenta de riesgos por cuanto el organismo, aun en estado de reposo absoluto, consume una cantidad de energía ; es lo que se conoce como metabolismo basal”. (Rodríguez Álvarez y Cruz León).
 - Haz un comentario crítico aprovechando lo que comenta el texto y tus conocimientos de Biología.
 - ¿Por qué hay riesgos ? ¿cuáles son ?. Utiliza el mayor número de argumentos biológicos posible.

"Yo pienso que la huelga de hambre es una actividad con mucho riesgo ya que mientras nosotros estamos sin comer nada, nuestro cuerpo, mejor, nuestro metabolismo está funcionando gracias a las energías que tenemos acumuladas, pero que después de unos días con esta actividad nuestro cuerpo puede sufrir los síntomas de una desnutrición muy avanzada, sobre todo si está mucho tiempo sin tomar glúcidos, sin tener nada de energía ni para mantenernos en pie.

En esta actividad hay riesgo porque estamos utilizando todas nuestras reservas, que en sólo dos días acabaríamos con ellas. Los riesgos que hay es desnutrición por falta de nutriente, no tendríamos nada de energía, ni para movernos, y además tendríamos mucho frío, ya que si no tomamos glúcidos no podemos transformarlos y entonces no obtendríamos ATP, sin liberarlo no obtendríamos calor".

Este modo de operar queda de manifiesto también en el primer mapa conceptual (9-1-97) que se le solicita. Jerarquiza estableciendo un nivel de procesos metabólicos y sólo ubica dos de ellos en las estructuras en las que se desarrollan, pero explica su mapa con cierta fluidez, ubicando algunos procesos más y, por tanto, intentando establecer relaciones estructura/función. Plasma haber captado una idea de transformación de la energía, pero confunde la finalidad y los productos finales de los procesos que la llevan a cabo, lo que nuevamente se interpreta como consecuencia de un trabajo cognitivo con un modelo dual de célula que no favorece su comprensión.



Ante la demanda de explicar el concepto célula hecha en el examen de Lípidos (26-2-97), la breve respuesta que obtenemos es:

"Se entiende por célula al organismo complejo, constituido por membrana, citoplasma, aparato de Golgi y otros orgánulos. La célula también se caracteriza por obtener gran cantidad de energía a partir de los nutrientes, y que ésta es aprovechada por los seres vivos".

Tiene unos elementos y hace unas cosas, pero ambos aspectos los expresa de una manera extraordinariamente general. En el mismo ejercicio se solicita identificar elementos estructurales de la célula relacionados con lípidos y justificar por qué se han elegido y por qué se relacionan con los mismos. En su respuesta, Virtudes manifiesta tener una representación en su mente de célula, una representación que atiende a su estructura pero a la que le quiere imprimir algún dinamismo, a la que quiere dotar de su funcionamiento característico, si bien no termina de integrar todo ello como un todo. Veamos sus respuestas:

"Reticulo endoplasmático: yo me baso en decir que es el retículo endoplasmático por el aspecto que tengo de él, pero además yo puedo decir que es rugoso, ya que en esta fotografía el retículo endoplasmático tiene aspecto de tener rugosidades. Y también porque es fundamental en los lípidos y en las células tanto animal como vegetal.

Mitocondria: yo me baso en decir que esto son mitocondrias, porque en todas las células deben haber mitocondrias para poder realizarse el catabolismo pero además porque las mitocondrias tienen ese aspecto y tampoco son muy grandes".

El examen de Proteínas 814-3-97) podría decirse que es una vuelta a una simplicidad extrema en su representación, en su idea de célula. Como elemento estructural sólo usa "vacuolas" y para explicar su funcionamiento únicamente "catabolismo" y "anabolismo". Mentalmente está operando con una idea extremadamente pobre, con un poder explicativo limitadísimo y, en consecuencia, con un poder predictivo igualmente limitado que le permite sólo establecer inferencias y deducciones pobres e inconsistentes, como muestra lo siguiente:

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 ° ; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.

"Yo creo que la célula para resolver este problema no tiene que elevar su temperatura, sino que a partir de determinados procesos, nuestra célula desprende energía y esa energía nosotros la desprendemos mediante el calor, y este proceso es un proceso enzimático."

El segundo mapa (1-4-97) es muy parecido al anterior y, también, es fiel reflejo de un modo de operar muy simple que no dota a Virtudes de comprensión ante la entidad célula. Es curioso observar, además de algunos errores, que selecciona conceptos relativos a metabolismo celular, lo que manifiestamente le está costando entender y explicar, y, sin embargo, no elige nada relacionado con estructuras; es evidente que está teniendo problemas para integrar ambos aspectos y que esta abstracta información metabólica supone para ella una gran cantidad de indeterminaciones que no está pudiendo procesar. La explicación que hace del mapa también da cuenta de ello, ya que, además de problemas de expresión, no parece darse cuenta de que esa energía de la que habla está contenida en los enlaces del ATP.

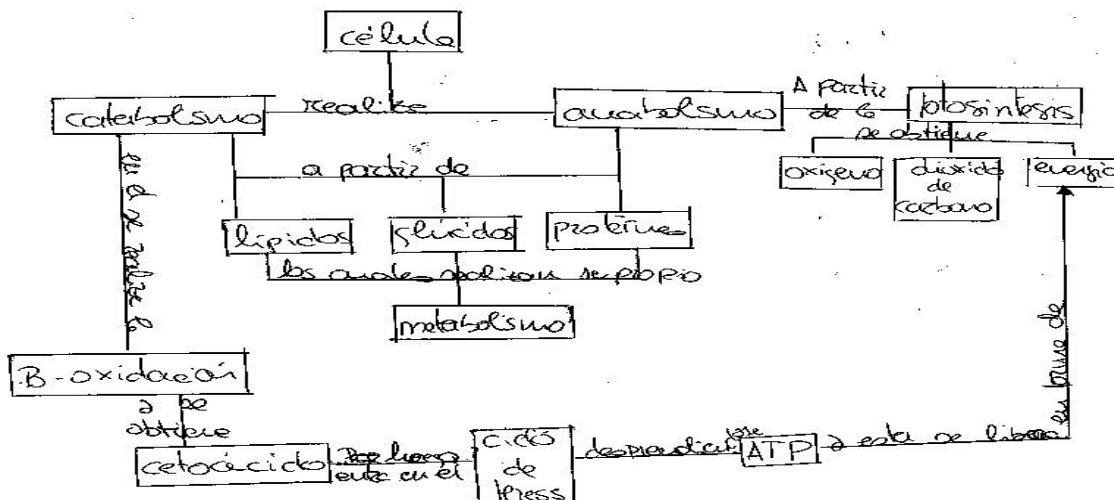
"El funcionamiento de la célula consta del catabolismo y del anabolismo de los lípidos, glúcidos y proteínas."

En el catabolismo se realiza la b-oxidación dando al terminar este proceso un cetoácido que éste puede entrar en el ciclo de Krebs, y con este proceso se desprende ATP, y algunos elementos más.

En el anabolismo se realiza la fotosíntesis y otros procesos determinados tanto también a su finalidad oxígeno, dióxido de carbono y energía.

El ATP obtenido a partir del ciclo de Krebs se libera en forma de energía.

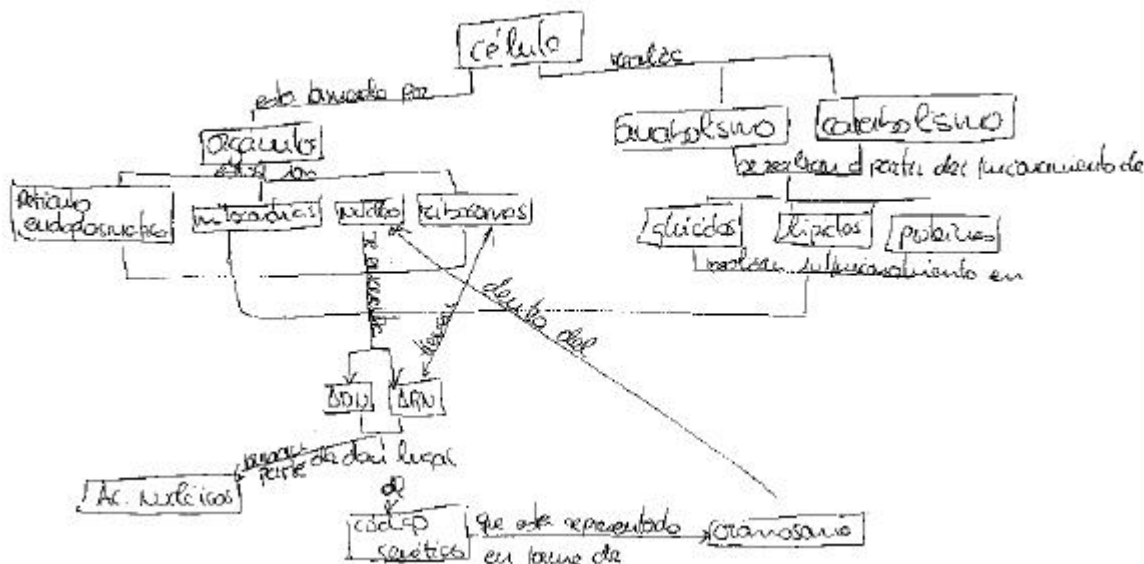
El funcionamiento de la célula tiene mucho que ver con el catabolismo y el anabolismo propio de los glúcidos, lípidos y proteínas".



El examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) es también un ejemplo de esos problemas de expresión y de una calidad de discurso bastante baja, un discurso simple y pobre que incluso es de difícil lectura; y un discurso en el que se transmite información que no es más que producto de repetición mecánica y que, lógicamente, no está estructurado en la mente de Virtudes, no constituye una representación o un modo de interpretar, de explicar y de predecir la entidad célula a la que se enfrenta. No es capaz de establecer deducciones e inferencias y tampoco de recuperar información, de rescatar su modelo frente a la pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos?. Razona la respuesta.

que deja en blanco aun disponiendo de tiempo suficiente para completar el ejercicio; de hecho, usa muy pocos conceptos tanto estructurales como funcionales en el mismo, y, como ya se expresó, en un lenguaje difícil de seguir e incomprensible. Esta misma limitación se observa en su tercer mapa (21-5-97) que, a juzgar por el contenido trabajado en la asignatura y teniendo en cuenta que se realizó al final del curso, debía ser mucho más integrador y rico tanto en conceptos estructurales como funcionales.



La interpretación que hace del símil de la célula como si fuera una fábrica (22-5-97) muestra la limitada incorporación significativa de conceptos específicos que hace Virtudes a su estructura cognitiva. Sólo utiliza como concepto metabólico "ciclo de Krebs" y ningún otro concepto funcional, incorporando incluso algunos errores importantes; estructuralmente maneja los conceptos que figuran en el dibujo que son conceptos que ya usara al comenzar el curso y que parecen relativamente estables.

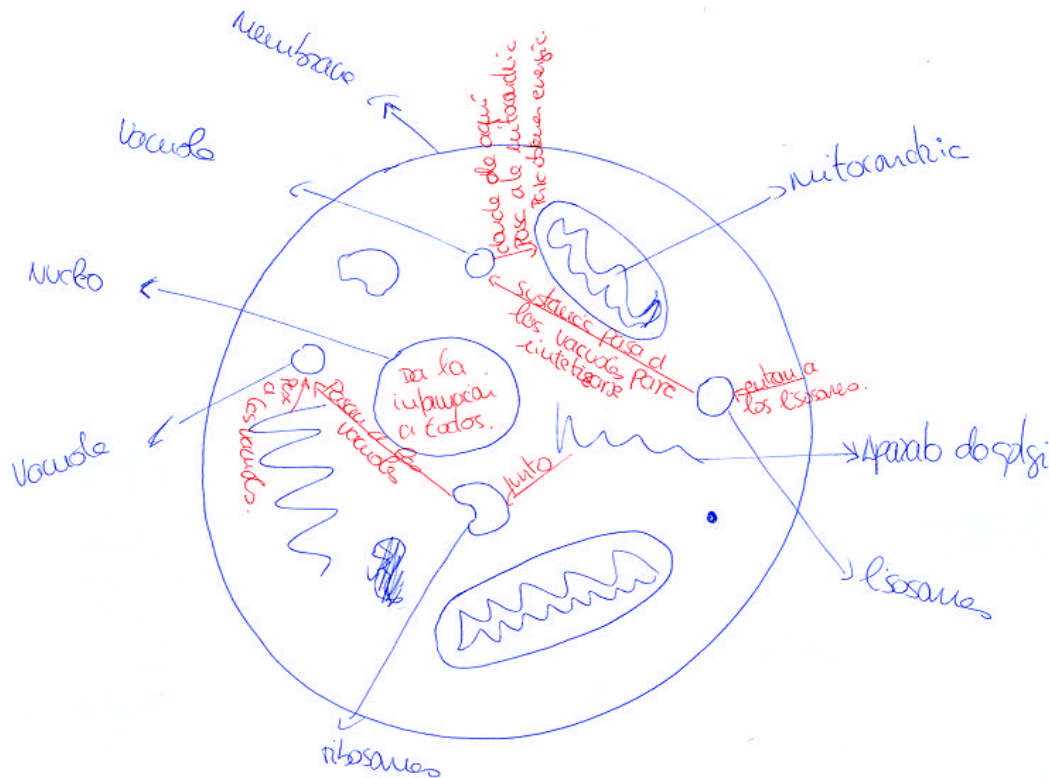
"La membrana es la parte de la célula que da paso a las cosas hacia el interior de la célula, los lisosomas son los que sintetizan a los lípidos y a otras sustancias. Las vacuolas digestivas aquí son las que sintetizan mucho más las sustancias, a partir de la mitocondria se obtiene energía, ya que en esta tiene lugar el ciclo de Krebs. Las vacuolas de almacenamiento almacenan sustancias en la célula, sobre todo en los vegetales.

El retículo endoplasmático liso, rugoso y los lisosomas transportan las sustancias hacia las vacuolas para que éstas la almacenen. El núcleo lo que hace es dar información como si fuera un gran ordenador".

Ante la demanda:

- Haz un dibujo que plasme la estructura y el funcionamiento de una célula.

Que, como se recordará, pretende calibrar o valorar la “imaginabilidad” de los sujetos, su capacidad de plasmar gráficamente aquello que representa, o sea, célula, Virtudes responde con lo siguiente:



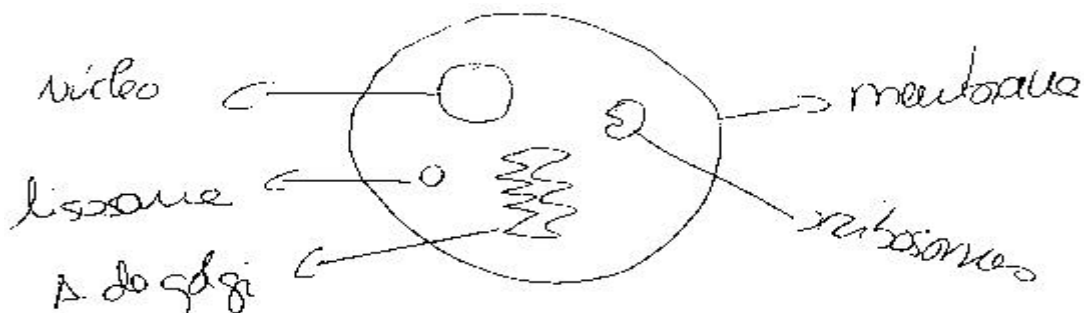
¿Hasta qué punto ha evolucionado su representación con respecto al inicio de curso? Identifica algunas estructuras más y de manera más clara y, sobre todo, delimita dos aspectos: estructural y funcional, para lo que usa distintos colores y frases en el segundo de los aspectos reseñados. Cabe, pues, la interpretación de que en este momento opera mentalmente con un modelo dual de célula. ¿Cómo se explica que cinco días después, en el cuestionario final (29-5-97) ante la pregunta:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

haga lo siguiente?

"Una célula la podemos representar como una de las partes más complejas, y también te representaríamos todo el funcionamiento y la estructura de los orgánulos de la célula.

Yo dibujaría la célula redonda (pero en tres dimensiones) con su membrana, los ribosomas, lisosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático y el núcleo".



Está claro que su representación ha variado poco si usamos como referencia los cuestionarios inicial y final, que su comprensión de la célula como entidad compleja que funciona de una determinada manera es limitada, como muestra lo siguiente:

- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona (una célula, con tres frases)?
- *“El funcionamiento de una célula es muy complicado ya que se realiza de diferente forma.*
- *El funcionamiento de la célula es el más complejo.*
- *Dicho funcionamiento también lo realizan sus orgánulo”s.*

La respuesta que da a la pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y para funcionar como una célula?

es prácticamente igual a la que dio en octubre (y que ya hemos expuesto), lo que muestra sus dificultades para explicar y para predecir frente al concepto "célula":

"A una célula para serlo le hace falta su membrana, y también un núcleo. Para ser físicamente una célula, ésta tiene que tener orgánulos.

Y para funcionar como una célula ésta debe tener un núcleo y unos orgánulos que realizan también parte del funcionamiento".

¿Qué es lo que está entendiendo Virtudes por célula en este momento? ¿Cómo la está representando? Está claro que la forma que ha construido ha variado poco y que, a juzgar por lo que escribe y explica, no la ha comprendido en gran medida. Veamos otro ejemplo del mismo cuestionario.

- Aprovecha este espacio para explicar el funcionamiento que tú crees que tiene una célula.

"La célula tiene un funcionamiento muy complicado ya que la realización de este funcionamiento se realiza a través de sus orgánulos y este funcionamiento es el que nosotros conocemos por anabolismo y catabolismo. En el funcionamiento de la célula tanto anabolismo como catabolismo, los nutrientes, es decir, los glúcidos, lípidos y proteínas, se transforman, llegando a dar energía o también a desprender ATP, es decir, también energía, pero a partir del proceso".

En la entrevista que se hizo al final del curso (6-6-97), Virtudes reconoce e identifica diferentes elementos estructurales y hace algunas inferencias consistentes; piensa que cada una de esas cosas es lo que comenta e interpreta de ese modo porque tiene un modelo sobre la célula en función de lo que ha estudiado. Veamos el siguiente extracto:

ML : porque por lo que he estudiado ; entonces ¿qué es lo que hace o qué es lo que sabes tú para decirme : esto es núcleo, esto es mitocondria, esto es retículo ? ... ¿qué es lo que sabes ? ... ¿qué hace que tú puedas identificar esas estructuras como, como lo que me has dicho que son ?

Virtudes : más bien.

ML : que además es correcto lo que me has dicho.

Virtudes : más bien por el modo ¿no ? el modelo que he estudiado pues ... más bien por las fotos que ssem, he visto de... de célula y ... los dibujos.

ML : ¡mj !

Virtudes : más bien por eso ... y porque en toda célula hay también un núcleo, la célula todas tienen un núcleo ¿no ?

ML : ¡ya ! pero por qué me dices que esto es el núcleo y yo podría decirte : no, eso no es el núcleo ; es esto.

Virtudes : porque.

ML : ¿por qué me puedes rebatir y decir : esto sí es núcleo y esto que yo estoy señalando no ?

Virtudes : que los, los orgánulos están casi siempre alrededor del núcleo, nunca están, nunca está el núcleo y den ¿no ? oo es que no me explico ¿sabes ? que ... el núcleo casi siempre es el mayor ... y que están todos los orgánulos alrededor y también alrededor de él está el citoplasma.

ML : bueno, pues te pongo otro ejemplo ; ¡eeehh ! yo te puedo decir, tú me has dicho : esto yo creo que por lo que sé es una mitocondria.

Virtudes : ¡mj !

ML : y yo te puedo decir : no, eso no es una mitocondria, lo que es mitocondria es todo este conjunto de membranas. ¿Cómo me rebatirías ?

Virtudes : ... ¡tch ! porque el modelo que yo tengo de mitocondria no es éste, éste lo veo yo como más como un retículo endoplasmático ... y la mitocondria es ... comooo, ¡tch ! es como si fuera el núcleo ¿no ? pero más pequeñito, la forma que tiene el núcleo pero mucho más pequeñito ... lo veo yo, es que no sé cómo explicarlo ahora ¡jhjh ! una forma así

Muestras deducciones lógicas que desarrolla al ver la foto de microscopía electrónica y desde su modelo hacia la misma, es decir, reconoce diferentes elementos ("tokens") y al irlo explicando, los va relacionando. Para ella, su modelo estructural no ha variado pero sí lo ha hecho su idea de célula ya que tiene un funcionamiento que desconocía:

Virtudes : en que a principio de curso yo decía : no, la célula sólo tiene ¿no ? ... es redonda, con su núcleo y sus orgánulos pero no pensaba que hiciera tanto como sé ahora, lo del metabolismo, la [...] y todo lo que hace ; no pensaba que la célula.

ML : no pensabas que hiciera todo eso. Pero vamos a ver, antes me describías tu imagen de célula.

Virtudes : ¡ya ! ¡mmjj !

ML : y me decías : una célula que tiene dentro un núcleo y unos orgánulos.

Virtudes : ¡mj ! ¡jej !

ML : ¿me estabas describiendo el modelo que tienes o la imagen que tienes de la estructura de la célula o del funcionamiento de la célula ?

Virtudes : no, la estructura.

ML : de la estructura. ¿Lo que me acabas de decir entonces qué significaría, que en términos de estructura no ha habido ningún cambio ?

Virtudes : ... ¡tch ! no pa mi, bueno, no.

ML : no.

Virtudes : porque lo que viene en 3º estudias lo mismo, los orgánulos.

ML : entonces ¿en qué sentido ha habido un cambio en lo que es tu idea de célula ?

Virtudes : en el funcionamiento.

Cuando piensa en el funcionamiento celular, se imagina la misma estructura que según ella tiene desde el principio de curso en la que encaja un dinamismo característico, ya que "ve los nutrientes y lo que hacen".

Virtudes : pues los nutrientes ¿no ? están pasando, los veo como pasando por la membrana ... y entonces entra a la mitocondria, de ahí pues se realiza ... el ciclo de Krebs y, y van así por orgánulo, por orgánulo ... hasta que ...

Ese funcionamiento, en todo caso, es producto, según ella misma confiesa, de ideas sueltas con poca capacidad explicativa y predictiva. Se podría decir, si analizamos lo expuesto, que Virtudes ha construido una idea, un modelo de célula que pretende

integrar su estructura y su funcionamiento pero que aún mantiene separados, hablando aisladamente de cada uno de ellos, si bien, como veíamos, aunque tímidamente, establece ya algunas conexiones.

A lo largo del curso se ha producido en Virtudes una incorporación limitada de conceptos que, como hemos visto, es mayor, dentro de un orden, en aspectos funcionales y metabólicos que en aspectos estructurales, que han resultado más bien estables. En todo caso, es una incorporación insuficiente que, además, ha resultado poco significativa en términos biológicos y que, consecuentemente, ha limitado su capacidad explicativa y predictiva, como se ha mostrado con los materiales seleccionados. Si bien es cierto que al final del curso es capaz de reconocer un comportamiento característico de la célula que desconocía, su comprensión fisiológica de la misma se limita a eso, mientras que de modo general, usa con comodidad conceptos relativos a su estructura que es lo que parece manejar mentalmente. Parece, pues, que Virtudes ha operado básicamente con lo que hemos catalogado como modelo A, o sea, modelo de estructura, si bien dicho modelo se ha enriquecido con algunos elementos ("tokens") algunos de ellos de carácter funcional. En términos de esos elementos, Virtudes maneja un conjunto de elementos estructurales (orgánulos y moléculas) que es bastante estable a lo largo del curso y que no se ve que aumente considerablemente; un conjunto de características y propiedades muy limitado, conjunto que estaría centrado en conceptos generales y en otros conceptos biológicos de interés; y un tercer conjunto de relaciones e interacciones entre elementos de los anteriores que justifican la dinámica celular y suponen, por ejemplo, las reacciones metabólicas, conjunto que en Virtudes ha seguido una evolución muy pobre lo que justificaría su modelo básicamente estructural de la célula. De este modo, parece haber trabajado básicamente con la estructura, no asignando significado o haciéndolo pobremente a lo que supone fisiología o comportamiento celular; para ella esta información, este contenido, ha sido irrelevante y probablemente ello sea consecuencia de su modelo –sólo estructural- con el que ese nuevo contenido no puede trabajar porque no supone más que una gran cantidad de indeterminaciones en su mente, en su representación, que Virtudes no puede procesar. Y por eso, también, es por lo que básicamente su modelo mental a lo largo del curso es un modelo A.

ANEXO N° 18:

GLORIA

NOMBRE: Gloria

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Membrana celular, retículo endoplasmático, membrana nuclear, núcleo, nucleolo, aparato de Golgi, citoplasma, organismo, seres vivos, orgánulos, funciones, información genética, nutrientes, energía, nutrición, relación, reproducción, ADN, ARN, reacciones químicas, enzimas, información, medio, mitocondrias, ribosomas, cromátida, vesículas, ácidos nucleicos.	Célula, funciones, nutrición, relación, reproducción, ribosomas, retículo endoplasmático liso, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, citosol, mitocondria, procarionota, eucarionota, núcleo, membrana plasmática, seres vivos, pared celular, citosol, orgánulos, autótrofa, heterótrofa, materia, energía, metabolismo, catabolismo, anabolismo, nutrientes, reacciones, secreción, endocitosis, exocitosis, fagosoma, lisosomas, lípidos, lumen, proteínas, membrana nuclear, cromatina, citoesqueleto, β -oxidación, glúcidos, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, matriz mitocondrial, membrana interna, membrana externa, glucocálix, división celular, información, interfase, material genético, meiosis, haploides, ARN, ADN, enzimas. <ul style="list-style-type: none"> • uso de conceptos reflejados con iniciales pero mentalmente los usa. • Dibujo caso igual al de octubre. 	Funciones, nutrición, relación, entropía, células, seres vivos, reproducción, organismo, reacciones, nutriente, sustancias, anabolismo, catabolismo, núcleo, plantas, animales, membrana, retículo endoplasmático rugoso, mitocondrias, nucleolo, cromatina, membrana plasmática, ribosomas, exocitosis, endocitosis, vesículas, orgánulos, glucólisis.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro (Ej: preg. 3)	De libro (Ej: célula, metabolismo)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas -Ej: preg. 6)	Simple y pobre (Ej: preg. 6 -frases sueltas sin hilo conductor)	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica (Ej: funcionamiento de la célula)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso (1º y 3º) no uso (2º) (Dibujo 1º prácticamente igual)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: azúcar. • Proteína: glucoproteínas -libro. • Lípido: bola de grasa pegajosa. • Ácido nucleico: bases (programa de la tele). • Energía: el Sol. • Entropía: el fuego. • Célula: forma de una neurona ("no la veo exactamente así"); describe sin usar términos biológicos. • Meiosis: dibujo. • Reproducción: aparatos reproductores. • Ser vivo: plantas, animales, nutrición: una persona comiendo. • Relación: células juntas.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	No establecimiento	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos nucleicos: encargados de mandar información a los orgánulos de la célula diciéndoles cuál debe ser su funcionamiento. 	No se detectan	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- La foto de M.E. no se parece a su modelo: ¡qué va! ¡nada!.
- Pág. 7 A: identifica porque lo ha visto en otras fotos.
- Pág. 7 B: no hay imagen gráfica de funcionamiento (de hecho, no genera imagen de catabolismo y anabolismo); se imagina los dibujos del libro. Habla de metabolismo y hasta yo me sorprendo, pero no lo ve; ve el dibujito que hizo una vez.
- Pág. 7 -1: deduce por lo que sabe ¡pero establece deducción!
- Pág. 8 A: se imaginaba como si fuera un huevo -de plástico. Podría hablar un rato de funcionamiento, porque no lo tiene totalmente integrado pero algo sí.
- Pág. 8-1: poder explicativo limitado : ¿Funcionamiento-suma?

NOMBRE: Gloria

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, membrana celular, citoplasma, núcleo, lisosomas, retículo endoplasmático, mitocondrias, aparato de Golgi, membrana nuclear, ácidos nucleicos, reproducción, lípidos, liso, rugoso, proteínas, enzimas, digestivos, ribosomas, membrana externa e interna, transporte de iones, los nutrientes, matriz, ciclo de Krebs, glucólisis.	Célula, eucariota, procariota, citoplasma, membrana, núcleo, citoesqueleto, lípidos, proteínas, mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosomas, ADN, ARN.	Célula, procariota, eucariota, vegetal, animal, membrana plasmática, pared celular, citoplasma, núcleo, lípidos, proteínas, seguridad, rigidez, mitocondria, cloroplasto, membrana, intrínsecas, extrínsecas, aparato de Golgi, enzimas, receptores de señales, vesículas de almacén, lisosomas, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ADN, ARN, ribosomas, síntesis proteica.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (no conceptos y conceptos en nexos)	Arbitraria (nada de funcionamiento)	Arbitraria
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas (Ej: "y", "necesarios para")	Nada significativas	Nada significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
			La explicación del mapa es bastante coherente y no tiene nada que ver con lo que se desprende del mismo)

NOMBRE: Gloria

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, proteínas, nutrientes, lisosomas, enzimas, vacuola, mitocondria, orgánulos, citoplasma, ATP, nucleótidos, energía, código genético, información genética, ADN, ARN, ribosomas, núcleo, traducción, reacciones.	Célula, ácidos nucleicos, ósmosis, turgencia, plasmólisis, agua, sales minerales, organización, funciones, nutrición, relación, reproducción, nutrientes, seres vivos, membrana, citoplasma, reacciones, enzimas, organismo, energía, ATP, fermentación, respiración, medio, mitosis, eucariota, procariota, seres vivos, principios inmediatos, materia, mitocondrias, cloroplastos.	Reacciones, anabolismo, catabolismo, energía, respiración, fermentación, autótrofo, materia, heterótrofo, grana, cloroplasto, ATP, células, animales, vegetales, glúcido, glucólisis, citosol, ciclo de Krebs, matriz mitocondrial, agua, ciclo de Calvin, organismo, proteínas, monosacáridos.	Peroxisomas, retículo endoplasmático rugoso, seres vivos, organismo, membrana, ADN, ARN, replicación, conservación, funciones, relación, reproducción, nutrición, lípidos, aminoácidos, lisosomas, catabolismo, ciclo de Krebs, ATP, β -oxidación, mitocondria, vesículas, ribosomas, síntesis de proteínas, dictiosomas, célula, permeabilidad, ósmosis, eucariota, medio, aparato de Golgi, ácidos grasos, proteínas.	Proteínas, cofactor, holoproteínas, apoenzima, holoenzimas, reacciones, célula, enzimas, energía, aminoácidos, inhibidores, antígeno, linfocitos, histocompatibilidad, anticuerpos, solubilidad, membrana plasmática, ATP, citoesqueleto, microtúbulos, cilios, flagelos, respiración celular, catálisis, desnaturalización, metabolismo, traducción, información, núcleo, RNA mensajero, ribosomas, citoplasma, síntesis de proteínas, retículo endoplasmático, anticodon, codon, RNA transferente, animales, inmunidad, seres vivos, plantas, sistema inmunitario, fagocitosis, coenzima, RNA ribosómico, respuesta, organismos.	Fenotipo, mutación, genes, cromosoma, sobrecruzamiento, cromátidas, meiosis, profase, paquitenio, células, DNA, nucleótidos, nucleósido, ARN, síntesis de proteínas, ácidos nucleicos, información genética, funciones, proteínas, código genético, genotipos, recombinación.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: célula)	De libro (Ej: metabolismo)	De libro (Ej: célula; poder explicativo limitado, incluso repite F.V.)	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Simple y pobre (incluso problemas de expresión)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación (discurso hilvanado) (Ej: 2C, además integra estructura/función muy tímidamente)	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: célula)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres (¡he dudado!)	Pobres	No establecimiento	Pobres (Hay cierta lógica)	Pobres (Ej: preg. 5: repetición mecánica de información; no responde a la pregunta, sin sentido en la preg. 6: muy pobres deducciones)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Gloria

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Membrana celular, retículo endoplasmático, membrana nuclear, núcleo, nucleolo, aparato de Golgi, citoplasma, materia, nutrientes, orgánulos, relación, ADN, ARN, información, reacciones químicas, célula, enzimas, mitocondria, membrana externa, cresta mitocondrial interna, vesículas, cromátida, ribosomas.	Ribosomas, retículo endoplasmático liso, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, citosol, mitocondria, núcleo, membrana plasmática, célula, procariota, eucariota, endocitosis, exocitosis, lisosoma, fagosoma, lípidos, lumen, proteínas, membranas nucleares, cromatina, citoesqueleto, β -oxidación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, matriz mitocondrial, membrana interna, membrana externa. <ul style="list-style-type: none"> • 1º dibujo prácticamente igual al de octubre. • No hay segundo dibujo. • ¡ajo! Usa iniciales para conceptos que considero porque los usa mentalmente. 	Matriz extracelular, proteína, lisosoma, enzimas, lípidos, aparato de Golgi, exocitosis, vesícula, almacenamiento, glucólisis, membrana mitocondrial interna, ADN, membrana mitocondrial externa, residuos, síntesis de proteínas, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, cromatina, orgánulo, autofagosoma, membrana nuclear, lumen, transporte, citoplasma, citoesqueleto, sustancias, ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡el 2º abstracto! ¡huevo frito! El núcleo del 2º parece un huevo frito)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (1º y 3º) No hay identificación en el 2º, no hay nada reconocible, pero hay párrafos explicativos de algunos procesos.	Identificación (de estructuras y de procesos)	Identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y de notaciones no verbales (algunas flechas)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático (¡he dudado!: por lo de la membrana, exocitosis, matriz extracelular, ..., pero creo que es simple y de libro)

NOMBRE: Gloria

CURSO: COU A

FECHA: 30-7-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Membrana celular, retículo endoplasmático, membrana nuclear, núcleo, nucleolo, aparato de Golgi, citoplasma, organismo, seres vivos, orgánulos, funciones, información genética, nutrientes, energía, nutrición, relación, reproducción, ADN, ARN, reacciones químicas, enzimas, información, medio, mitocondrias, ribosomas, cromátida, vesículas, ácidos nucleicos.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, ácidos nucleicos, ósmosis, turgencia, plasmólisis, agua, sales minerales, organización, funciones, nutrición, relación, reproducción, nutrientes, membrana, citoplasma, reacciones, enzimas, organismo, energía, ATP, fermentación, respiración, medio, mitosis, eucariota, procariota, seres vivos, principios inmediatos, materia, mitocondrias, cloroplastos.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones, anabolismo, catabolismo, energía, respiración, fermentación, autótrofo, materia, heterótrofo, grana, cloroplasto, ATP, células, animales, vegetales, glúcido, glucólisis, citosol, ciclo de Krebs, matriz mitocondrial, agua, ciclo de Calvin, organismo, proteínas, monosacáridos.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, membrana celular, citoplasma, núcleo, lisosomas, retículo endoplasmático, mitocondrias, aparato de Golgi, membrana nuclear, ácidos nucleicos, reproducción, lípidos, liso, rugoso, proteínas, enzimas, digestivos, ribosomas, membrana externa e interna, transporte de iones, los nutrientes, matriz, ciclo de Krebs, glucólisis.
ex. LÍP. 26/2/97	Peroxisomas, retículo endoplasmático rugoso, seres vivos, organismo, membrana, ADN, ARN, replicación, conservación, funciones, relación, reproducción, nutrición, lípidos, aminoácidos, lisosomas, catabolismo, ciclo de Krebs, ATP, β -oxidación, mitocondria, vesículas, ribosomas, síntesis de proteínas, dictiosomas, célula, permeabilidad, ósmosis, eucariota, medio, aparato de Golgi, ácidos grasos, proteínas.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, cofactor, holoproteínas, apoenzima, holoenzimas, reacciones, célula, enzimas, energía, aminoácidos, inhibidores, antígeno, linfocitos, histocompatibilidad, anticuerpos, solubilidad, membrana plasmática, ATP, citoesqueleto, microtúbulos, cilios, flagelos, respiración celular, catálisis, desnaturalización, metabolismo, traducción, información, núcleo, RNA mensajero, ribosomas, citoplasma, síntesis de proteínas, retículo endoplasmático, anticodon, codon, RNA transferente, animales, inmunidad, seres vivos, plantas, sistema inmunitario, fagocitosis, coenzima, RNA ribosómico, respuesta, organismos.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, eucariota, procariota, citoplasma, membrana, núcleo, citoesqueleto, lípidos, proteínas, mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosomas, ADN, ARN.
ex. AN. 12/5/97	Fenotipo, mutación, genes, cromosoma, sobrecruzamiento, cromátidas, meiosis, profase, paquiteno, células, DNA, nucleótidos, nucleósido, ARN, síntesis de proteínas, ácidos nucleicos, información genética, funciones, proteínas, código genético, genotipos, recombinación.
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana, célula, proteínas, nutrientes, lisosomas, enzimas, vacuola, mitocondria, orgánulos, citoplasma, ATP, nucleótidos, energía, código genético, información genética, ADN, ARN, ribosomas, núcleo, traducción, reacciones.
Dibujo estruc/función 5/97	Matriz extracelular, proteína, lisosoma, enzimas, lípidos, aparato de Golgi, exocitosis, vesícula, almacenamiento, glucólisis, membrana mitocondrial interna, ADN, membrana mitocondrial externa, residuos, síntesis de proteínas, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, cromatina, orgánulo, autofagosoma, membrana nuclear, lumen, transporte, citoplasma, citoesqueleto, sustancias, ciclo de Krebs, cadena transportadora de electrones.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, procariota, eucariota, vegetal, animal, membrana plasmática, pared celular, citoplasma, núcleo, lípidos, proteínas, seguridad, rigidez, mitocondria cloroplasto membrana, intrínsecas, extrínsecas, aparato de Golgi, enzimas, receptores de señales, vesículas de almacén, lisosomas, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ADN, ARN, ribosomas, síntesis proteica.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, funciones, nutrición, relación, reproducción, ribosomas, retículo endoplasmático liso, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, citosol, mitocondria, procariota, eucariota, núcleo, membrana plasmática, seres vivos, pared celular, citosol, orgánulos, autótrofa, heterótrofa, materia, energía, metabolismo, catabolismo, anabolismo, nutrientes, reacciones, secreción, endocitosis, exocitosis, fagosoma, lisosomas, lípidos, lumen, proteínas, membrana nuclear, cromatina, citoesqueleto, β -oxidación, glúcidos, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, matriz mitocondrial, membrana interna, membrana externa, glucocálix, división celular, información, interfase, material genético, meiosis, haploides, ARN, ADN, enzimas.
Entrevista. 6/6/97	Funciones, nutrición, relación, entropía, células, seres vivos, reproducción, organismo, reacciones, nutriente, sustancias, anabolismo, catabolismo, núcleo, plantas, animales, membrana, retículo endoplasmático rugoso, mitocondrias, nucleolo, cromatina, membrana plasmática, ribosomas, exocitosis, endocitosis, vesículas, orgánulos, glucólisis.

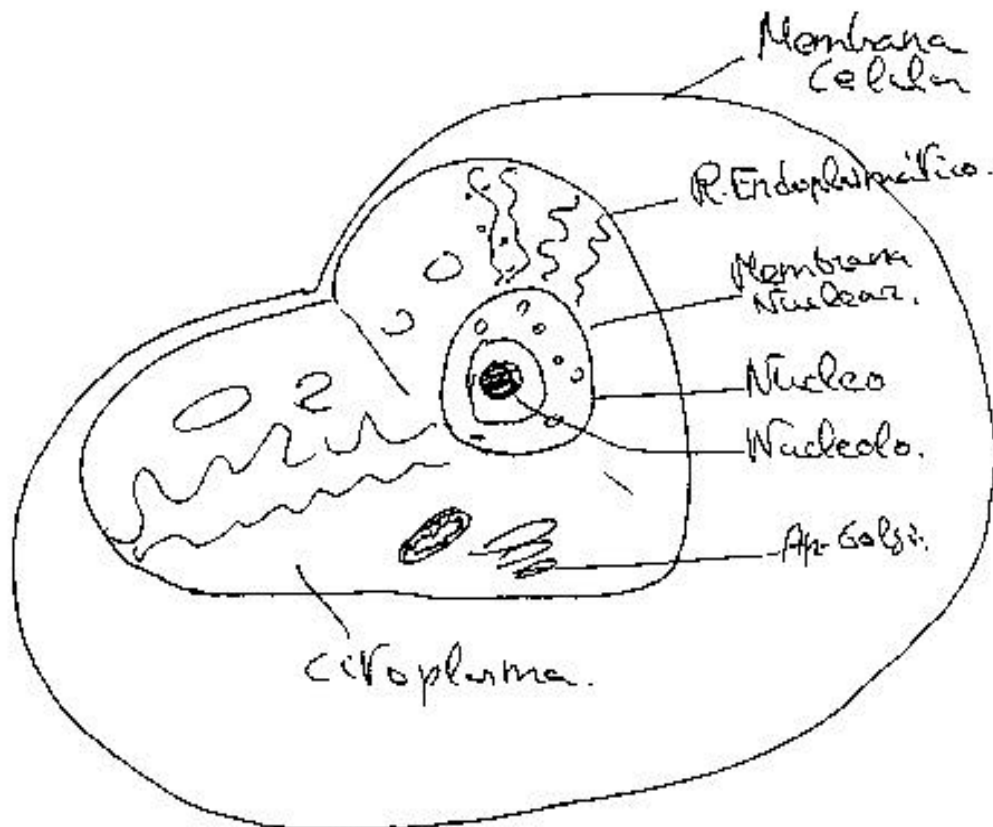
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	Entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Membrana celular, retículo endoplasmático, membrana nuclear, núcleo, nucleolo, aparato de Golgi, citoplasma, orgánulos, mitocondrias, ribosomas, vesículas.	Membrana, citoplasma, mitocondrias, cloroplastos.	Grana, cloroplasto, citosol, matriz mitocondrial.	Membrana celular, citoplasma, núcleo, lisosomas, retículo endoplasmático, mitocondrias, aparato de Golgi, membrana nuclear, ribosomas, matriz.	Peroxisomas, retículo endoplasmático rugoso, membrana, lisosomas, mitocondria, vesículas, ribosomas, dictiosomas, aparato de Golgi.	Membrana plasmática, citoesqueleto, microtúbulos, cilios, flagelos, núcleo, ribosomas, citoplasma, retículo endoplasmático.	Citoplasma, membrana, núcleo, citoesqueleto, mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosomas.	Cromosoma.	Membrana, lisosomas, vacuola, mitocondria, orgánulos, citoplasma, ribosomas, núcleo.	Matriz extracelular, lisosoma, aparato de Golgi, vesícula, membrana mitocondrial interna, membrana mitocondrial externa, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, orgánulos, autofagosoma, membrana nuclear, lumen, citoplasma, citoesqueleto.	Membrana plasmática, pared celular, citoplasma, núcleo, mitocondria, cloroplasto, membrana, aparato de Golgi, vesículas, lisosomas, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas.	Ribosomas, retículo endoplasmático liso, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, mitocondria, núcleo, membrana plasmática, pared celular, citosol, orgánulos, fagosoma, lisosomas, lumen, membrana nuclear, citoesqueleto, matriz, mitocondrial, membrana interna, membrana externa, glucocálix.	Núcleo, membrana, retículo endoplasmático rugoso, nucleolo, membrana plasmática, ribosomas, vesículas, orgánulos.	AG6,cilio1,ctq4,ctpl8,ctsl2,clpt3,crma1,dictiosoma1,fgl1.grana1,li ss6,matrizmit1,m mbr11,m mbrcel2,mm brrmit1,m mbr mitint1,m mbr rmitext1,m mbrnucl4,m mbrplasm4,micr otúb1,mitc11 ,núcl8,nuclo4 ,org5,paredce l2,peroxisom a1,RE9,REL 3,RER5,rib9, vesc5.
Moléculas	Nutrientes, ADN, ARN, enzimas, cromátida, ácidos nucleicos.	Ácidos nucleicos, agua, sales minerales, nutrientes, enzimas, ATP, principios inmediatos.	ATP, glúcidos, agua, proteínas, monosacáridos.	Ácidos nucleicos, lípidos, proteínas, enzimas, nutrientes.	ADN, ARN, lípidos, aminoácidos, ATP, ácido graso, proteínas.	Proteínas, cofactor, holoproteínas, apoenzima, holoenzimas, enzimas, aminoácidos, inhibidores, ATP, RNA mensajero, anticodon, codon, RNA transferente, coenzima, RNA ribosómico.	Lípidos, proteínas, ADN, ARN.	Genes, cromátidas, DNA, nucleótidos, nucleósido, ARN, ácidos nucleicos, proteínas.	Proteínas, nutrientes, enzimas, ATP, nucleótidos, ADN, ARN.	Proteína, enzimas, lípidos, ADN, cromatina.	Lípidos, proteínas, enzimas, ADN, ARN.	Nutrientes, lípidos, proteínas, cromatina, glúcidos, ADN, material genético, ARN, enzimas.	Nutriente, cromatina.	AN4,ADN7, agua2,aa2,ap oenz1,ARN8 ,ATP5,codon 1,coenz1,cof actor1,cromá t2,cromat3,e nz8,gen2,glú c2,holoprot1, inhibidor1,lí p6,monosac 1,nucleósido1, nucleótido2, nutriente6,PI 1,pro10sm1.
PROCESOS Mts.	-	Fermentación, respiración.	Anabolismo, catabolismo, respiración, fermentación, autótrofo, heterótrofo, glucólisis,	Ciclo de Krebs, glucólisis.	Replicación, catabolismo, ciclo de Krebs, β-oxidación, síntesis de proteínas.	Respiración celular, catálisis, metabolismo, traducción, síntesis de proteínas.	-	Síntesis de proteínas.	Traducción.	Glucólisis, residuos, síntesis de proteínas, ciclo de Krebs, cadena	Síntesis proteica.	Autótrofa, heterótrofa, metabolismo, catabolismo, anabolismo, secreción, β-oxidación,	Anabolismo, catabolismo, glucólisis.	Anb3,autóf1, â-ox2,cadresp1 ,cat4,catálisis 1,cKrebs5,fer met2,glucólisis4,heteróf1,

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	Entrevista.	Conclusiones
			ciclo de Krebs, ciclo de Calvin.							transportador a de electrones.		ciclo de Krebs, cadena respiratoria.		mtb2,resp3,respcel1,secret1,síntesis5,sprot5,traduc2.
Otros	Funciones, nutrición, relación, reproducción.	Ósmosis, turgencia, plasmólisis, funciones, nutrición, relación, reproducción, mitosis.	-	Reproducción, transporte.	Funciones, relación, reproducción, nutrición, ósmosis.	Fagocitosis.	-	Mutación, sobrecruzamiento, meiosis, profase, paquiteno, funciones, recombinación.	-	Exocitosis, almacenamiento, transporte.	-	Funciones, nutrición, relación, reproducción, endocitosis, exocitosis, división celular, meiosis, haploides.	Funciones, nutrición, relación, reproducción, exocitosis, endocitosis.	Endocit2,exocit3,fagocit1,funciones6,haploides1,meiosis2,mitosis1,nut5,ósmosis2,plasmólisis1,prof1,rel5,rep6,sobrecruz1,transporte2,turgencia1.
CONCEPTOS GRALES:	Organismo, seres vivos, información genética, energía, reacciones químicas, información, medio.	Célula, organización, reacciones, organismo, energía, medio, eucariota, procariota, seres vivos, materia.	Reacciones, energía, materia, células, animales, vegetales, organismo.	Célula.	Seres vivos, organismo, conservación, célula, eucariota, medio.	Reacciones, célula, energía, información, animales, seres vivos, plantas, organismos.	Célula, eucariota, procariota.	Células, información genética.	Célula, energía, información genética, reacciones.	Sustancias.	Célula, procariota, eucariota, vegetal, animal, almacén.	Célula, procariota, eucariota, seres vivos, materia, energía, reacciones, información.	Entropía, células, seres vivos, organismo, reacciones, sustancias, plantas, animales.	Ani4,célula1,energía6,entropía1,eucariot5,genética3,información5,infgen3,materia3,medio3,organismo6,organización1,planta2,procat4,react7,react1,svv6,vgt2.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	Permeabilidad.	Antígeno, linfocitos, histocompatibilidad, anticuerpos, solubilidad, desnaturalización, inmunidad, sistema inmunitario, respuesta.	-	Fenotipo, código genético, genotipos.	Código genético.	-	-	Interfase.	-	Anticuerpo1, antígeno1,códigogen2,fenotipo1,genotipo1,inmunidad1,interfase1,infocito1,permeabilidad1,respuesta1,sistimmunit1.
MODELO	A	B	A	A	A	B	A	B	B	B	A	A	A	A

Cuando comienza el curso, Gloria muestra una concepción de célula en la que incorpora abundantes elementos estructurales, básicamente organulares, y sólo considera las funciones vitales en lo que se refiere a su comportamiento. Podría admitirse que en este momento para ella la célula no es más que una simple estructura a la que no le asigna precisamente lo que la define que es su carácter de unidad de vida, su funcionamiento. Su representación de célula, en todo caso, es una representación estructuralmente pobre en la que hace uso, como se decía, de abundantes conceptos organulares pero en la que no delimita claramente su forma, su ultraestructura. En el cuestionario inicial (22-10-96) esta joven comunica esa idea que tiene de célula utilizando un discurso pobre, simple, articulado escasamente en torno a frases sueltas que, además, resultan ser librecas; sus respuestas responden básicamente a repetición mecánica de información, haciendo evidente o mostrando su bajo poder explicativo en la medida en que no plasma explicaciones coherentes ni tan siquiera desde el punto de vista lingüístico, y predictivo si atendemos a la pobreza de sus deducciones e inferencias. Ante la pregunta:

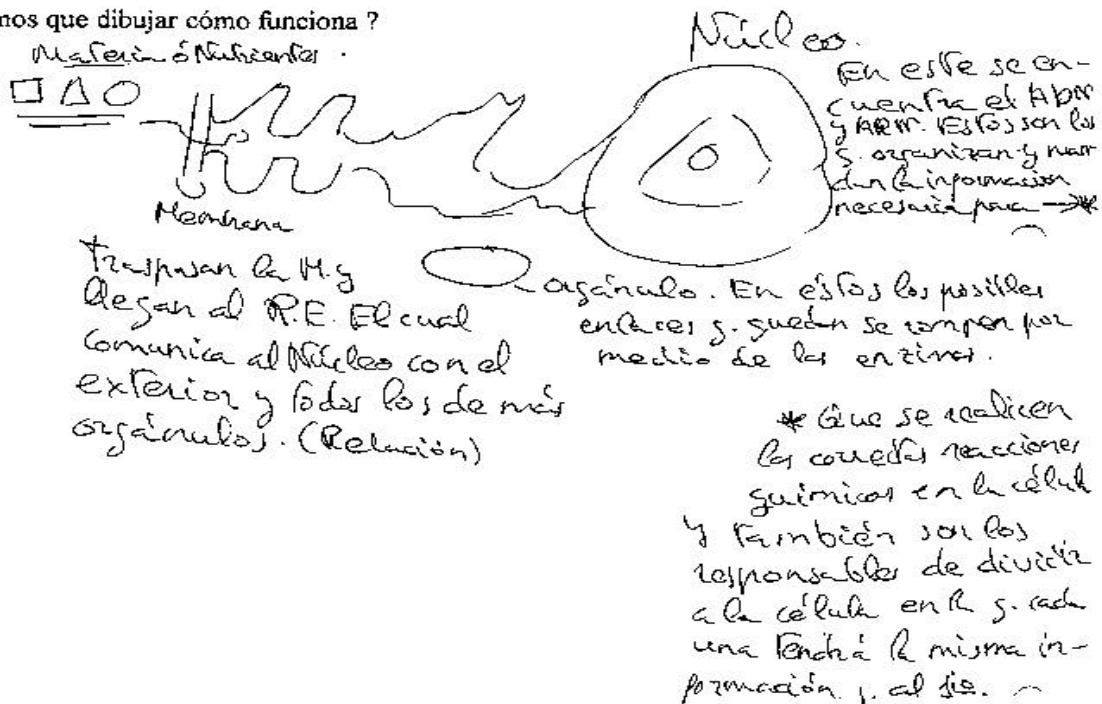
- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

Gloria elabora el siguiente dibujo:



Es, como vemos, una representación, una imagen, habitual en los libros de texto que, como se comentaba, introduce “mucho nombre” pero no delimita su ultraestructura y, además, no incorpora nada relativo a cierto dinamismo. “Su célula” es sólo eso y cuando se le demanda que dibuje cómo funciona una célula, lo que hace da indicios de sus dificultades para pensar en ese funcionamiento; tiene una idea muy global y establece algunas conexiones, pero parece que se trata de otra entidad distinta, de otra cosa diferente a lo que dibujara anteriormente.

nos que dibujar cómo funciona?



Esa cierta idea se repite, es insistente; previamente a lo anterior, se le pide que exprese con tres frases lo que ella puede decir en este momento acerca de cómo funciona una célula. Esos problemas que ya comentábamos en su construcción mental la llevan a no delimitar esas tres frases y contestar sólo globalmente manteniendo, eso sí, esa idea general de comportamiento celular pero sólo en el terreno de las funciones vitales.

“A través de la membrana celular llegan los nutrientes los cuales son transportados a los orgánulos en donde son transformados y sintetizados para obtener la energía, expulsando el material que nos queda el cual ya no tiene energía suficiente para realizar las funciones de nutrición, relación y reproducción”.

Con un modelo de célula como el expuesto, Gloria tiene dificultades para establecer inferencias y deducciones, para razonar válidamente en términos biológicos, para relacionar diferentes conceptos y aplicarlos; de hecho, cuando requiere todo ello manifiesta nuevamente su representación sólo estructural de célula.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Retener en su interior información por medio del ADN o ARN. Nutrirse y relacionarse. Y protegerse del medio exterior. Físicamente. Una membrana exterior que la proteja del medio externo. Y por la cual puedan relacionarse el exterior con el interior y éste con el núcleo, necesitando el retículo endoplasmático (liso o rugoso). Un líquido que sostenga a los orgánulos (mitocondrias, ribosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, etc). Otra membrana interna que proteja al nucleolo en el que se encuentra el ADN y el ARN”.

El funcionamiento que ella cree que tiene una célula es extremadamente limitado y muestra, como recurso para intentar comprenderlo, un marcado antropocentrismo (“diciéndoles”); para comunicar esa idea de comportamiento celular recurre simplemente, además, a frases sueltas que, en todo caso, sólo hacen referencia a algunos procesos celulares.

“En el núcleo está la información que retienen los ácidos nucleicos éstos son los encargados de mandar información a los orgánulos de la célula diciéndoles cuál debe ser su funcionamiento.

Además al dividirse en la división celular formarían nuevas células con la misma información y reteniendo nuevos avances.

En el citoplasma se encontraría el retículo endoplasmático encargado de comunicar los dos medios y de transportar los nutrientes a los orgánulos en donde son sintetizados”.

El examen de Origen de la Vida (18-11-96) supone para Gloria un cierto cambio en su forma de operar mentalmente con la célula, en su forma de pensarla. No usa tantos conceptos estructurales como en el cuestionario inicial pero, sin embargo, incorpora abundante información relativa a comportamiento, no tanto metabólica como de otra naturaleza, dando como resultado un mayor equilibrio entre ambos aspectos. Elabora de manera más personal las frases que utiliza y lo hace expresando un discurso en el que aplica con corrección y coherencia los conceptos que utiliza; su información, la que comunica, no es sólo producto de repetición mecánica y pasiva sino que sigue patrones de organización personal, también, autónoma. Un ejemplo nos lo encontramos en la forma de explicar el concepto célula.

“Es la unidad básica de organización de la materia y que realiza las funciones de nutrición, relación y reproducción. Nutrición; por medio de la hemoglobina llegan los nutrientes a la membrana donde son transportados y en el citoplasma son transformados por medio de reacciones de oxidación y por ayuda de enzimas en sustancias que se utilizan para formar moléculas propias de nuestro organismo formando estructuras complejas. En este proceso se libera energía y es guardada en moléculas de ATP. Si en el proceso interviene oxígeno ha habido combustión y si no interviene sería por ejemplo la fermentación (Respiración anaeróbica).

La célula se relaciona con su medio externo por lo tanto y se reproduce por sistemas de transmisión y réplica exacta de caracteres por medio de mitosis (Eucariota) por fisión la procariota”.

El texto anterior está muy lejos de ser la forma que se encuentra en los libros de texto para explicar este concepto y, efectivamente, es un dato de la organización autónoma que sigue la mente de Gloria para comunicarlo. Pero nos aporta, además, más información; si bien es cierto que hace referencia a la construcción de materia propia que caracteriza a la célula, básicamente comunica una célula funcional, un comportamiento que, a juzgar por lo que expresa, sólo se apoya en la membrana y en el citoplasma, es decir, da la sensación de que piensa independientemente en funcionamiento y en estructura, estableciendo muy pocas conexiones e interacciones entre ambas. Pensar en este doble nivel, construir esta representación dual la conduce a cometer algunos errores biológicos de consideración, a generar, cuando hace rotar su modelo, deducciones e inferencias pobres, presentes pero limitadas, dotándola de poco poder predictivo. Un ejemplo lo tenemos en este ejercicio ante una pregunta que supone razonar en términos biológicos para dar respuesta al problema planteado.

- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.
 - ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría? ¿Tiene algún fundamento biológico?

“Se mejora porque la concentración de sal dentro de los microbios al ser menor que la del agua salada que nos ponemos en la nariz y entonces el agua que está dentro de los microbios sale y se mueren y son expulsados”.

¿Qué pasa cuando Gloria hace el examen de Glúcidos (9-12-96)? ¿Qué modelo de célula genera en su mente? Parece operar sólo con una célula-estructura y muestra muchísimos problemas frente a todo el nuevo contenido que supone el estudio del metabolismo celular, es decir, el funcionamiento energético de la célula; usa los conceptos específicos del mismo pero sin ninguna comprensión, lo que se interpreta como producto de repetición mecánica de información, una información que articula de manera muy pobre evidenciando incluso serios problemas de expresión. Este nuevo contenido, este “abundante” conjunto de conceptos específicos de procesos, así como de reacciones y relaciones entre los mismos y los orgánulos en los que ocurren ha supuesto para Gloria una gran cantidad de indeterminaciones que no ha podido procesar, que no ha podido tratar computacionalmente y ha optado por mantener su modelo estructural de esa compleja, ¡complejísima para ella!, entidad llamada célula, eliminando del mismo todo ese ¡complejo! funcionamiento que sólo usa de forma repetitiva, pasiva, mecánica, en forma de proposiciones aisladas no articuladas en un modelo que permita su comprensión. De este modo, con esa construcción mental es evidente que su poder o capacidad explicativa es muy baja cuando tiene que enfrentarse a explicaciones y razonamientos que son estrictamente metabólicos y comportamentales y eso es lo que muestra este ejercicio como ejemplo. Veamos algún dato de ello:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“Porque utilizando las vías fermentativas tan solo obtendrá dos moléculas de ATP mientras que si no obtiene treinta y ocho moléculas de ATP multiplica por diecinueve su rendimiento.*
- *(Las células animales tanto como las vegetales sí respiran ya que las células vegetales). Las células vegetales sí respiran pero sólo que utilizan otras moléculas para la obtención de energía que son el CO₂, H₂O, nitratos y sulfatos, expulsando O₂.*
- *No se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ya que autótrofo se refiere a que puede formar materia orgánica a partir de sí misma, o sea, se trata de síntesis de moléculas orgánicas no de reacciones de obtención de energía.*
- *¿Una célula podría funcionar sin la presencia de glúcidos? No podría ya que es necesario para que se pueda obtener la energía que necesitamos para la síntesis de materia orgánica. El glúcido que utilizamos pues los (o la mayoría de) todos los mamíferos es la glucosa que la obtenemos del almidón, glucógeno y los vegetales la obtienen de la células. Por lo tanto una célula no puede funcionar sin la presencia de glúcido”.*

Lo anterior da muestras de la limitación de su modelo en sus argumentaciones. Recurre, en todo caso, como se decía, a repetir mecánicamente una información que, por lo que se ve, no entiende muy bien y cae, incluso, en contradicciones, aplicando ante determinadas preguntas los mismos conceptos de manera diferente (unas veces correctas y otras no), lo que señala como dato su limitada comprensión. Eso es lo que se detecta cuando recurre ante la demanda de definir “metabolismo” a una larga explicación que resulta muy libresca y mecánica.

“Proceso formado por distintas reacciones necesarias para el mantenimiento y formación de nuevas moléculas orgánicas. Se divide en anabolismo y catabolismo. El

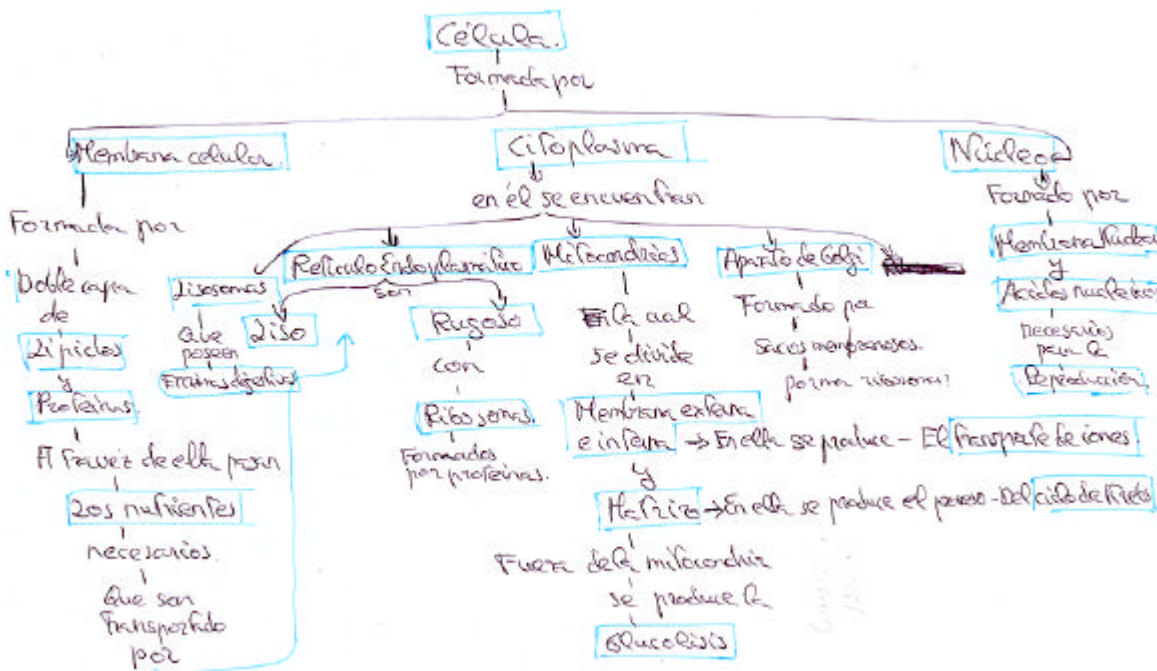
catabolismo que es el proceso en el cual a partir de moléculas orgánicas son sometidas a procesos por los cuales las reducimos hasta que hayamos obtenido la energía necesaria. Si en el proceso interviene el oxígeno es una respiración aerobia y si no interviene es anaerobia. (ej. Fermentación alcohólica). Anabolismo es el proceso por el cual a partir de moléculas sencillas sintetizamos otras más complejas. En este proceso se requiere de la energía generada en el catabolismo. Puede ser autótrofo si forma su materia orgánica a partir de la inorgánica o heterótrofo si la forma a partir de otra orgánica”.

Lo anterior evidentemente no es una definición. De este modo, como sólo piensa en estructura celular y opera con proposiciones aisladas en lo que se refiere al funcionamiento, Gloria no puede establecer inferencias y deducciones, no puede razonar válidamente en términos biológicos porque su modelo no se lo permite, no genera poder predictivo. Un ejemplo lo tenemos en su brevísima y pobre respuesta ante la pregunta:

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Porque al estarse formando el óvulo es necesario más energía o porque es necesario para las hormonas que lo controlen”.

Este mismo modelo es el que parece generar esta estudiante cuando se le pide que haga un mapa conceptual que exprese lo que ella sabe de la estructura y del funcionamiento celular (9-1-97). ¿Es un mapa conceptual? Esto es lo primero que deberíamos cuestionarnos si atendemos a que no todo lo que figura en el mismo son conceptos y a que hay conceptos en los nexos, lo que nos lleva a que la selección que ha hecho es totalmente arbitraria. Utiliza relaciones o nexos muy simples (“y”, “necesarios para”) que dan lugar a proposiciones que no son nada significativas, que no tienen ningún significado ya que, de hecho, en varias ocasiones sólo son frases escritas en vertical. No se observa ninguna lógica en la distribución que hace de los conceptos y lo que sí se detecta es una célula básicamente estructural.



Cuando hace el examen de Lípidos (26-2-97) su modelo de célula sigue siendo igual, un modelo que sólo atiende a su estructura y que, consecuentemente, no la dota de comprensión sobre esta entidad que no se caracteriza precisamente por eso. Utiliza bastantes conceptos estructurales tanto organulares como moleculares y, también, funcionales repitiendo dentro de éstos últimos los que son tan genéricos como nutrición, relación y reproducción y usando, también, algunos metabólicos pero con los mismos patrones que en los últimos instrumentos comentados; se mueve con ellos en el terreno de proposiciones aisladas, deslavazadas, no articuladas de forma que puedan darse a conocer en una explicación consistente, no constituyendo un modelo mental, explicativo, más que en el ámbito de lo físico, de la estructura. Cuenta de ello da la forma en la que se expresa, el uso que hace de la información que comunica, un conjunto de frases librescas aisladas, que no tienen ningún hilo conductor en las que repite mecánicamente, incluso dentro de una misma breve explicación.

“Es la unidad básica estructural de los seres vivos capaz de autoconservarse, relacionarse y reproducirse Es un organismo que en conjunto forma tejidos.

Se encuentran aisladas de las demás por medio de una membrana semipermeable y poseen, como más importante el ADN y ARN, necesarios para su replicación y conservación.

Realizan las funciones propias de un organismo, relación, reproducción y nutrición”.

A estas alturas de curso, el contenido trabajado, si se ha asimilado y comprendido, permite explicaciones bastante más rigurosas, más biológicas; téngase en cuenta que, por ejemplo, el funcionamiento energético de una célula ya se ha trabajado y es un conocimiento que Gloria no es capaz de recuperar, de rescatar a la hora de hacerle frente a esta demanda, de hacer rotar su modelo. Y es un modelo, como se ve, estructural, es un análogo estructural de una entidad que tiene determinados elementos y que ¡simplemente! realiza las funciones vitales pero que esta estudiante no sabe cómo, no comprende de qué manera las realiza. De este modo, nuevamente nos encontramos con el mismo problema, con otro dato más de sus dificultades para deducir, para inferir, para relacionar, para interpretar, producto o consecuencia del limitado modelo que genera del concepto “célula”.

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

“Sí, puede ayudar, ya que forma parte de membranas, y al estar formadas por ácidos grasos y esfingosina, podría ayudar al no resecaimiento ya que mantendrían grasa la piel y al repeler el agua por su hidrofobia, formaría como una capa protectora contra las acciones del frío o del calor, del agua, etc.

La forma de comprobar si es cierto sería comprobarlo en un tejido animal”.

Cierto es, en todo caso, que alguna lógica hay en el razonamiento que sigue Gloria, alguna idea de interacción, lo que nos hace pensar que ese modelo evoluciona, que, cuanto menos, esta joven pretende comprender eso a lo que se ve obligada a enfrentarse sistemáticamente y que procura asignarle los significados hoy por hoy aceptados a esa cosa llamada célula dotándola de lo que para ella está resultando tan

difícil (¡demasiadas indeterminaciones!) que es su funcionamiento, el conjunto de relaciones e interacciones entre los distintos elementos que la constituyen. Y así, cuando se pone ante el examen de Proteínas (14-3-97) observamos una producción un tanto diferente, un producto que evidencia un cierto cambio en su representación mental. Sigue usando un lenguaje libresco que da muestras de que repite mecánicamente la información pero al menos ahora su discurso es coherente, es fluido, se puede seguir, está hilvanado, como vemos en el siguiente ejemplo:

- ¿Qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas ?.

“Si no existieran los enzimas, no se podrían realizar las reacciones necesarias en el metabolismo celular y por tanto no se podrían realizar las funciones de síntesis de moléculas necesarias para formar las estructuras celulares o para obtener energía y tampoco se podría(n) realizar las reacciones catabólicas o de ruptura de enlaces. De modo que dejarían de existir las estructuras y el funcionamiento del organismo dejaría también de realizarse, ya que sin estos enzimas es posible que las reacciones se realicen muy lentamente o que no se realicen”.

Hay, como vemos, indicios en lo anterior de un intento de buscar explicaciones más globales pero es algo que se queda en “tímido intento” porque no dota a Gloria en la misma medida de capacidad predictiva; de hecho, sus inferencias y sus deducciones son muy pobres e incluso sin sentido, no respondiendo a lo que se pregunta y recurriendo en su lugar a repetir mecánicamente una información que poco tiene que ver con la solución concreta al problema planteado, como ocurre con la pregunta:

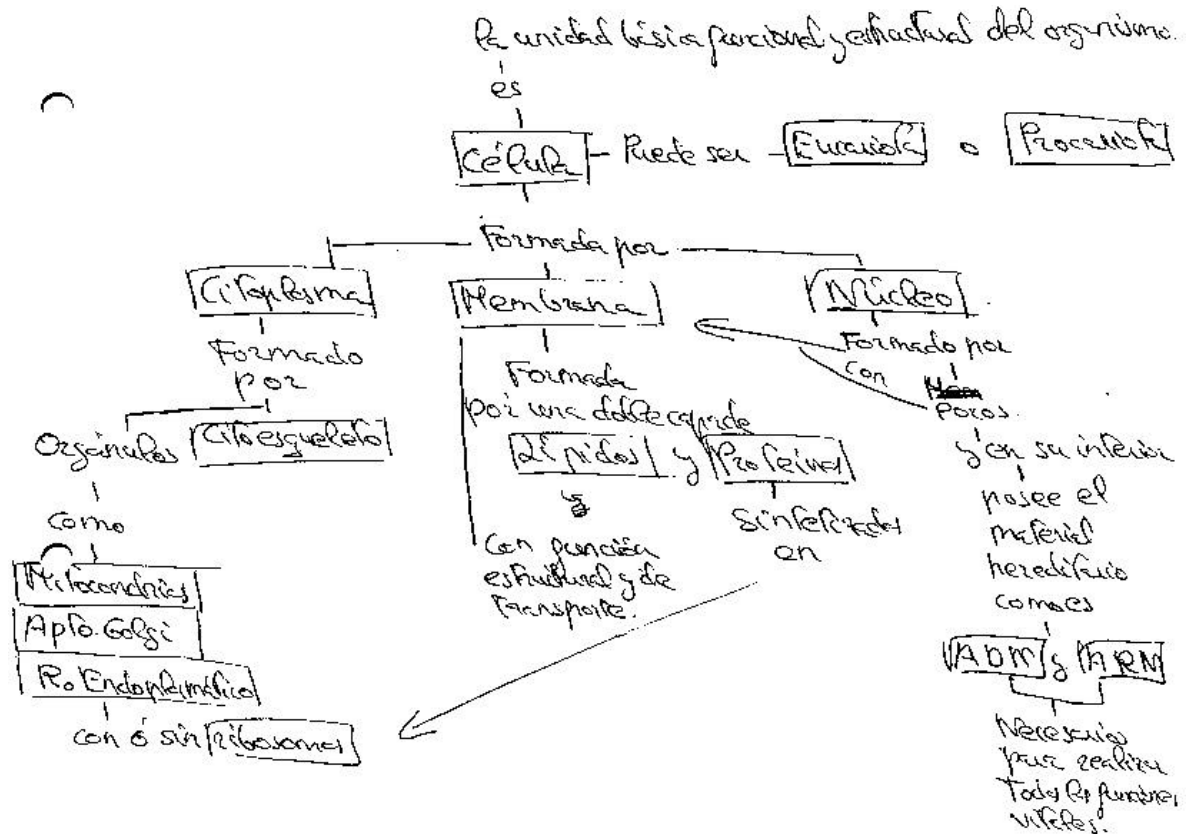
- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 °; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.

en la que ocupa un gran espacio sólo teórico que no da cuenta de la misma, o en lo que hace ante la pregunta:

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

“Pues pasará que como contienen esos aminoácidos al igual que las otras plantas, pues pasará que pueden morir ya que inhiben la acción de un enzima que participa en su síntesis, (o si ese enzima no es esencial en la síntesis de esos aminoácidos).
Pues la única forma de comprobarla es (h)aciéndola en la práctica”.

Su segundo mapa conceptual (1-4-97) es un dato evidente de su modelo sólo estructural de célula. Nuevamente se solicita para expresar lo que se sabe de la estructura y del funcionamiento de una célula pero en esta ocasión se limita el número de conceptos a quince solamente. ¡Gloria no selecciona ni uno sólo referido a funcionamiento!



¿Qué ocurre cuando esta alumna hace el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) ¿Qué es lo que pasa por su cabeza en lo que a célula se refiere? En esta ocasión parece estar pensando en dos cosas distintas a las que llama célula; hasta ahora básicamente ha puesto en su mente, ha construido una representación de la misma que da cuenta sólo de su estructura pero en este ejercicio, ante la demanda de justificar en qué medida la estructura y el funcionamiento de una célula dependen de los ácidos nucleicos, parece pensar sólo en esto último y no hace ninguna referencia a elementos estructurales, no hace descansar dicho funcionamiento en unas estructuras o moléculas determinadas que, interaccionando, lo posibiliten. Es como si pensara en una célula-estructura (lo que hizo hasta ahora) y en una célula-funcionamiento, esquema que ya tímidamente se había intuido en el examen de Proteínas.

“La estructura y el funcionamiento de la célula dependen en gran medida de los ácidos nucleicos, debido a que éstos son los que poseen la información genética necesaria para la síntesis de proteínas, las cuales desempeñan en la célula unas funciones básicas muy importantes, como enzimática, estructural, hormonal, transportadora, defensiva, etc ...

Estas proteínas son específicas, características de cada individuo debido a la secuencia de las bases, y al código genético, basado en ella y en los tripletes”.

¿Opera con ese mismo modelo dual cuando interpreta el dibujo que simula una célula (13-5-97)? A juzgar por lo que escribe y por la forma en la que lo hace sí. No está usando sólo en su discurso frases librecas sino que las elabora de manera personal ¡y hace discurso!, es decir, organiza sus ideas para comunicarlas a través de un discurso estructurado que, como se ha puesto de manifiesto ya en varias ocasiones, es un tanto difícil para esta estudiante; recurre a un funcionamiento-suma de lo que es característico de cada orgánulo y para explicar dichos papeles biológicos hace uso de repetición mecánica y pasiva de información no estableciendo conexiones o relaciones entre los diferentes elementos y procesos, no dando la impresión con ello de que Gloria posea un modelo global, integrado, de célula ya que, por ejemplo, no detecta o no manifiesta relaciones causa-efecto en dicha entidad, pero es evidente que su modelo ha evolucionado.

“La membrana de la célula la representan en el dibujo por lo que es el muro. La puerta serían como las proteínas intrínsecas de la membrana gracias a las cuales, pueden pasar los nutrientes necesarios para el funcionamiento de la célula.

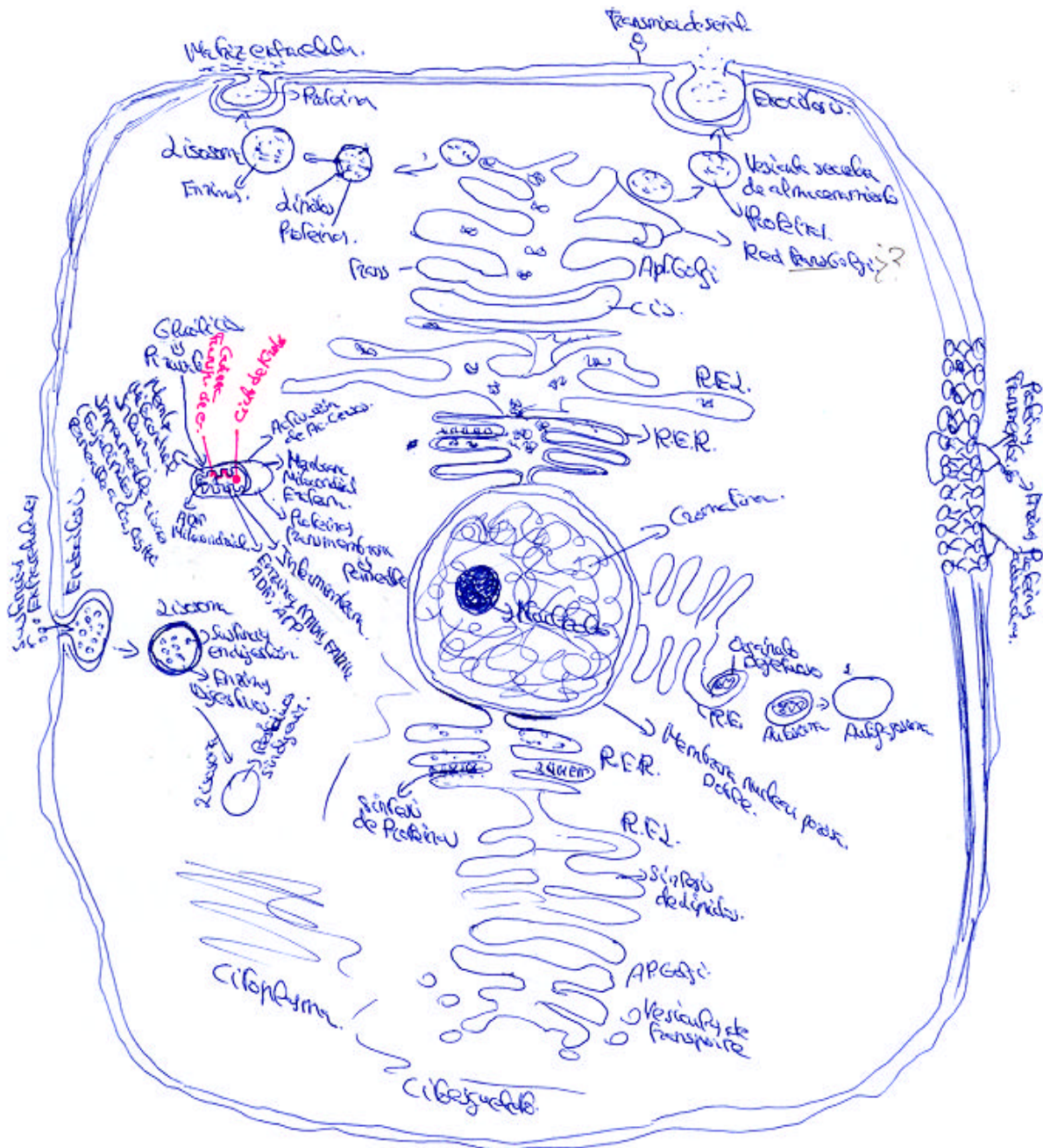
El camión sería el que transporta dichos nutrientes.

Estos nutrientes una vez dentro de la célula son recogidos para ser digeridos. Los lisosomas que poseen unas enzimas específicas los recogen y los que aún no están bien digeridos en una vacuola digestiva, que también poseería enzimas que encarga(n) de romper los enlaces que aún quedan. Que estaría representado por el pico y el hombre del martillo.

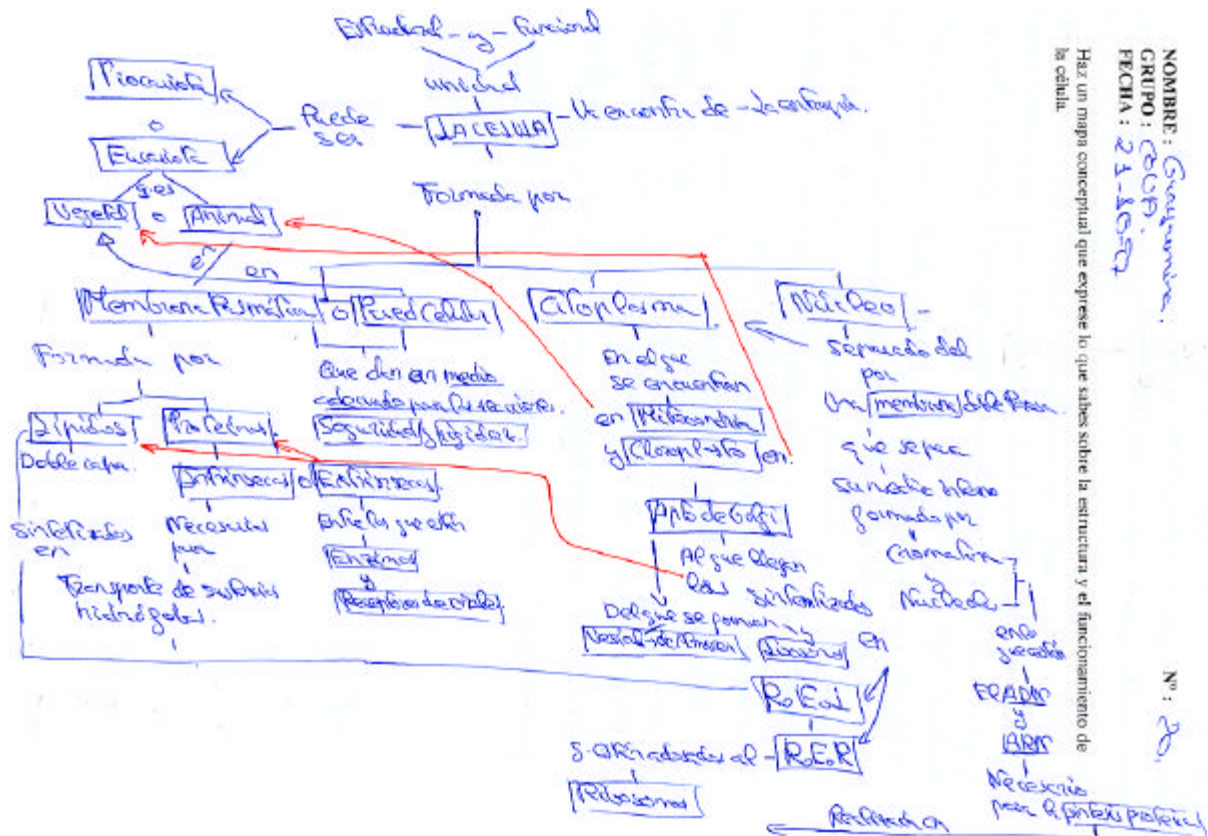
La central con la chimenea es lo que sería la mitocondria la cual al igual que el lisosoma, vacuola y demás orgánulos se encontrarían en el citoplasma. La mitocondria representa la central energética de la célula ya que en ella se producen procesos mediante los cuales se puede obtener ATP, moléculas trinucleótidos que almacenan en sus enlaces gran cantidad de energía la cual es utilizada cuando la célula lo necesite.

La máquina con una serie de ordenadores sería la representación del código genético, o sea, de la información genética que se encuentra en el ADN, esta información sirve de modelo para transcribir RNA, el cual viene a formar los ribosomas que se encuentran fuera del núcleo, en donde por medio de la traducción se sintetizan proteínas específicas que irán a pasar a formar parte de las estructuras celulares, intervendrán en todas las reacciones en las que se necesite enzimas, etc. ...”.

Su dibujo para plasmar la estructura y el funcionamiento de una célula (mayo, 97) a simple vista responde a los dibujos y esquemas más frecuentes en los libros de texto; es un dibujo simple estático en el que Gloria identifica bastantes elementos estructurales -¡no se parece al primer dibujo que hiciera en el cuestionario inicial!- y también procesos. Pero a poco que nos fijemos, podemos observar algunos detalles que merecen una mención especial y uno de ellos es el segmento que hace de la membrana; sólo establece algunas relaciones, sobre todo a través de palabras, dando con ello en algunos puntos sensación de cierta secuencia temporal en los procesos que ocurren en la célula. En todo caso, de modo general, lo más llamativo es que parece trabajar mentalmente con dos esquemas de célula: uno estructural en el que identifica adecuadamente orgánulos y moléculas y otro con el que establece algunas conexiones, aunque no muchas, que atiende a cómo funciona, una representación de comportamiento articulada en torno a una serie de procesos, metabólicos todos ellos, que ahora sabe dónde ocurren pero nada más, un catálogo de papeles biológicos que le asigna a las diferentes estructuras que desde un principio ella conoce, un funcionamiento-suma de la célula que se ha considerado como una consecuencia de un modelo dual de la misma.



Su tercer mapa conceptual (21-5-97) no supone ningún cambio con respecto a los anteriores; presenta una selección arbitraria de conceptos unidos de manera muy simple y pobre y dando lugar, lógicamente, a proposiciones que no tienen significado biológico, proposiciones que parece razonable pensar que son reflejo de las que maneja mentalmente, lo que nos da una idea como dato de la poca significatividad psicológica que este contenido tiene para Gloria, de la poca capacidad predictiva y fundamentalmente explicativa que le genera. Pero es curioso contrastar este poco explicativo mapa conceptual con la forma en la que ella lo explica pues lo hace con un discurso coherente que no tiene nada que ver con lo que se desprende del simple análisis de dicho mapa. ¿Cómo podemos explicar esto? ¿Cómo podemos interpretar esta aparente contradicción? ¿Ha generado o no capacidad explicativa? ¿Podríamos pensar que está mentalmente en alguna fase intermedia cuando elabora su representación? Veamos ambos datos.



NOMBRE: Guadalupe
 GRUPO: C60P
 FECHA: 21/05/97
 Nº: 2

“La célula es la unidad estructural y funcional de un organismo que va en contra de la entropía.

Puede ser procariota, sin sistemas de membranas, o eucariota, animal o vegetal (en la que es) formadas por membrana plasmática; formada por una doble capa de lípidos y proteínas a partir de la cual se transportan sustancias del interior al exterior o a la inversa, de la célula. Pudiéndose formar vesículas por endocitosis y por exocitosis expulsan sustancias como las proteínas transportadas desde el aparato de Golgi.

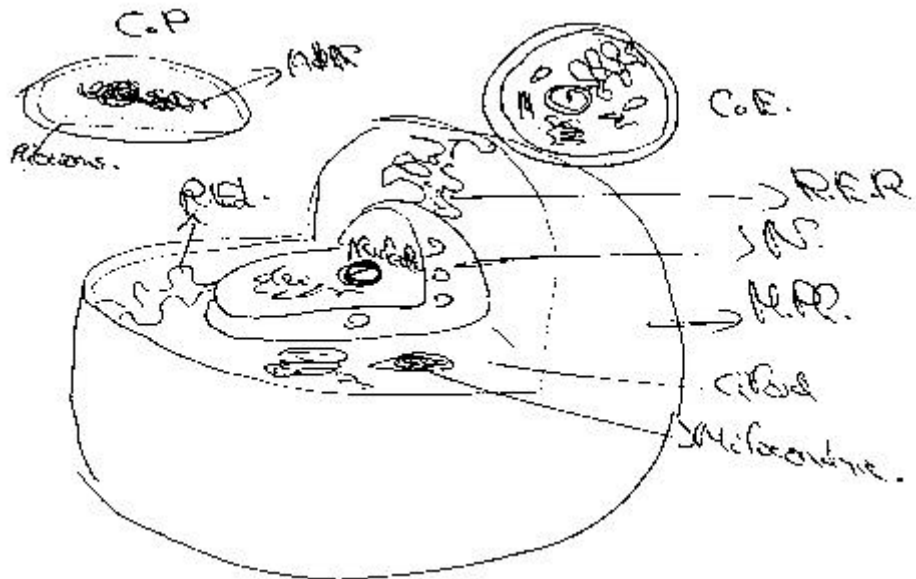
En el citoplasma, se producen; la glucólisis, por la que la glucosa pasa a piruvato el cual irá a la mitocondria al igual que los ácidos grasos para obtener energía, por el ciclo de Krebs, y la b-oxidación; en las células vegetales, se encuentran los cloroplastos donde sucede la fotosíntesis.

El retículo endoplasmático rugoso en donde se encuentran los ribosomas sintetizando proteínas a partir de la información procedente del ADN, transcrito a ARN. Que se encuentra sobre todo en el núcleo, rodeado por una doble membrana. Y en el que está la matriz formada por la cromatina y una masa de ARN y ADN formando el nucleolo”.

El cuestionario final (29-5-97) nos ofrece algunos datos de interés; es el mismo cuestionario que en el mes de octubre y si los comparamos, podríamos admitir que hay cosas que no han cambiado nada en la cabeza de Gloria. Cuando se le pregunta cómo podríamos representar una célula y cómo haríamos un dibujo de la misma, esta alumna responde:

“Podemos representarla de forma circular o (h)elicoidal, tridimensional o aplanada diferenciando todas su partes”.

Añade un dibujo que merece la pena que se compare con el que hizo en aquella primera ocasión en la que se le solicitó y que se parece poco al que realizó para plasmar estructura y funcionamiento pocos días antes de hacer este cuestionario.



¿Se observa alguna diferencia con respecto a aquel primer dibujo? No parece que la respuesta pueda ser “sí” ya que el diseño es prácticamente igual (sólo incorpora procariota/eucariota). Las frases que usa para dar respuesta a qué es una célula y a cómo funciona (recuérdese que se solicitan tres para cada aspecto) son totalmente librecas, mecánicas, repetitivas, no observándose ningún grado de elaboración. Volvemos a encontrar indicios de que sólo piensa en una célula-estructura y cuando no tiene más remedio que hacerle frente a su funcionamiento, su pobreza es extrema; prueba de ello es lo que contesta cuando se le pide que lo explique tal y como ella cree que es.

“La célula se relaciona con las demás células por el glucocálix también por señales, etc.

Sufre división mitótica, durante la división celular, obteniéndose a partir de una célula dos células hijas con la misma cantidad de información debido a que en la interfase el material genético se ha duplicado.

Las células germinales sufren meiosis, se obtienen cuatro células (h)aploides.

La célula sintetiza proteínas a partir del ARN que contiene una copia del ADN.

Estas proteínas funcionan como enzimas, como transmisoras, forman parte de estructuras, etc.

En la célula se produce el anabolismo y catabolismo de los glúcidos y lípidos, por medio de reacciones”.

Como puede observarse, no es más que un conjunto de frases sueltas pues no tiene capacidad explicativa para el mismo. No es capaz de pensar en términos globales, no puede modelizar una célula en todo su significado, sólo puede plasmar su estructura pero no su funcionamiento ni en términos de discurso, como acabamos de ver, ni en términos gráficos.

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?

“Pues dibujaría cómo se produce el paso de los nutrientes necesarios a su interior, a donde pasarían dentro de la célula, las reacciones que sucederían y en qué orgánulos ..., cómo pasarían de unos a otros y cómo se produciría la secreción de sustancias”.

¿Qué nos aporta la entrevista hecha al final de curso (6-6-97) con respecto a su forma de pensar en la célula? Mantiene la misma tónica, usa las mismas frases, repite sin sentido biológico las mismas cosas, habla con dificultad cortando las frases y no

organizándolas a través de un discurso, en definitiva, refleja lo mismo que ya se ha comentado. Veamos un extracto de esta entrevista como ejemplo.

ML : sí ¿qué hace que tú puedas decirme eso ?

Gloria : *porque lo he visto en otras fotos ¡jahj !*

ML : ¿porque lo has visto ?

Gloria : *een otras micrografía y eso.*

ML : en otras micrografías, ¡ya !

Gloria : *y porqueee lo dice.*

ML : lo dice.

Gloria : *que lo más, lo más oscuro ¿no ? o sea, sabemos la forma y todo eso ¿no ? ... y como esto es circular, es lo más oscuro que tiene esto que es mucho más oscuro, ¡ajaj !, pues entonces sé que éste es el núcleo y por esto, por las formas así, tubulares, como dicen, pues éste es el retículo endoplasmático y porque tiene puntitos negros, pues es rugoso por, por eso ¿no ? porque tiene los ribosomas yyy y la membrana porque es la que del, la delimita con, con, con las otras.*

ML : ¡ya ! ¿Podríamos decir que lo que estás haciendo es aplicar lo que sabes ?

Gloria : ... sí.

ML : sí, bueno pues ¿cómo estás aplicando eso ?

Gloria : ..., ..., ... ¿cómo lo estoy aplicando ?

ML : sí.

Gloria : ... ¡ahjj !

ML : qué estás ¿recordando simplemente ? ... ¿relacionando ?

Gloria : ... ¡mmm ! ... pues no sé, será las dos cosas porque ¡jej !

ML : no lo sabes ; ... las dos cosas : recordando y relacionando. ¡Ya !

Gloria : *sí pero.*

ML : vamos a ver, antes me describías una ¡aaahhh ! imagen gráfica de la es, de la célula ¿una imagen gráfica de su estructura o de su funcionamiento ?

Gloria : ... *de su estructura.*

ML : de su estructura ¿verdad ?, por lo que me decías, era de su estructura. ¿Podrías decirme ahora cuál es la imagen gráfica que te surge cuando hablamos del funcionamiento de una célula ? ... ¿qué imagen gráfica te surge ?

Gloria : *¡mmm ! ... bueno pueees ... es que así, imagen gráfica lo que me imagino son los dibujos que he visto en el libro ¿no ? del funcionamiento yyy entonces pues lo de la membrana ¿no ? que se formaaa por exocitosis, no, por endocitosis que se forman las vesículas estas ¿no ?, por exocitosis queee expulsan loos ... ¿eso está bien, lo que estoy explicando ? ¡jeahjh ! que expulsan los, las sustancias ¿no ? ¡eh ! pero eso lo tengo que explicar comooo lo estoy viendo, bueno.*

ML : como tú lo estás viendo.

“¿Lo estoy explicando bien?”. Gloria no sabe muy bien lo que está haciendo cuando habla, duda, no tiene seguridad y la imagen que tiene es la de los libros. En el terreno de las estructuras, como este mismo fragmento muestra, no tiene esos problemas. ¿Podría decirse que ha cambiado el modelo de célula que ha generado Gloria a lo largo del curso? Veamos lo que ella misma dice.

Gloria : *porqueee antes yo lo veía como más, aunque ahora tampoco [...] porque antes lo veía más comooo, como decir una estructura de plástico o algo así ¿no ? como, como lo dibujaban en el, en el libro aquel ; aa, yo me imaginaba como si fuera un huevo ... así ¿no ? yyy ... sí es como si tuvieras un, una cosa así de plástico ¿no ? y dentro vieras cada parte que tiene yyy.*

ML : ¿pero no dd, no le dabas dinamismo, quieres decir ?

Gloria : no.

ML : no ¿y ahora sí ?

Gloria : claro.

ML : claro. ¡Aaahhh ! ¿tú podrías estar un rato hablando del funcionamiento de la célula ? ¿de forma ordenada, organizada, sin tener ningún material delante ? ¿podrías estar hablando veinte minutos, un cuarto de hora ?

Gloria : ¿de la célula ?

ML : sí, ... ¿de su funcionamiento ?

Gloria : ... sí.

ML : sí, sí. ¿Crees que ¡eh ! has integrado todos los procesos que ocurren en la célula ? ¿o tendrás más ideas sueltas ? ¿qué dirías tú ?

Gloria : ..., ... ¡mmm ! ... no lo tengo totalmente integrado ... perooo ... sí, ... sí, más o menos integrado, no sé.

ML : más o menos integrado. Vamos a hablar.

Gloria : es que le separo muchas cosas y eso.

ML : separas mucho, dices.

Gloria : sí.

ML : ¿qué quieres decir ? ¿que sssi yo te pregunto cosas más concretas, eres capaz de contestármelas peor globalmente te cuesta más ?

Gloria : sí.

ML : ¿eso es lo que quieres decir ?

Gloria : a lo mejor sí que me enrolló mucho.

Las producciones y verbalizaciones obtenidas como datos de la forma de operar que sigue Gloria cuando piensa en la célula no parecen dejar mucho espacio o margen de duda y podría concluirse, por tanto, que se mueve, que trabaja básicamente a lo largo de todo el curso con un modelo sólo estructural de la misma. Es un modelo que ha evolucionado en el sentido de que ha incorporado nuevos elementos, nuevos “tokens” al conjunto de elementos estructurales, al de sus propiedades y características y, sobre todo, al de relaciones e interacciones que, si bien es extremadamente limitado, cuanto menos ahora existe; pero es un modelo insuficiente biológicamente, un análogo estructural pobre que no la dota de poder explicativo y predictivo, como hemos tenido ocasión de comprobar, un intermediario entre esa compleja entidad que ella no puede verificar y su propia mente que la hace operar cognitivamente en el terreno de proposiciones aisladas sin sentido, ni biológico ni psicológico, cuando requiere su funcionamiento porque constituye para ella, como ya se ha expresado, demasiadas indeterminaciones, informaciones complejas que no puede integrar en la estructura celular que sí que posee porque no puede establecer relaciones e interacciones causa/efecto en dicha entidad y con dichos elementos, no la puede modelizar en todo su significado. Sólo intuye, y es algo que no hacía, algunas de esas conexiones y en ese sentido, y teniendo en cuenta, también, su evolución conceptual, es en el que puede concluirse que su modelo mental de célula ha evolucionado, ha sufrido un cierto enriquecimiento si bien dentro de lo que hemos categorizado como modelo A o sólo estructural de la misma.

ANEXO N° 19:

YANIRA

NOMBRE: Yanira

CURSO: COU A

FECHA: 31-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, ser vivo, funciones vitales, membrana, núcleo, ácidos nucleicos, proteínas, enzimas, nutrientes, energía, reacciones, mitocondrias, ribosomas, ARN mensajero, ARN transferente, vida.	Célula, vida, seres vivos, medio, funciones, membrana, orgánulos, citoplasma, citoesqueleto, organismo, metabolismo, animal, ADN, código genético, energía, materia, relación, mitocondria, lisosomas, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, cloroplasto, pared celular, centrosoma, centriolos, vacuola, citoplasma, nucleolo, núcleo, vegetales, interacción.	Ser vivo, célula, vida, energía, relaciones, nutrición, reproducción, dependencia (*), medio, funciones, orgánulos, división, animal, planta, membrana, núcleo, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, metabolismo.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal (Ej: preg. 6)	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 4)	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg. 4 y 6)	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (1º y 3º) no uso (2º)	Uso	<ul style="list-style-type: none"> Glúcido: azúcar. Ácido nucleico: doble hélice. Energía: luz. Célula: imagen dinámica; una cosa sale de un orgánulo entra en el otro. Meiosis: división (como lo que se ve en clase). Reproducción: células multiplicándose.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Elaboradas (Ej: preg. 4)	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> Los ácidos nucleicos son los que mandan. Extrabiol./autónoma. Funcionamiento: lo haría como una fábrica con varios empleados capaces de realizar una actividad específica dentro de la fábrica (célula) para al final obtener un único resultado de todo. Extrabiol./repetición de clase. 	<ul style="list-style-type: none"> código genético que actúa como centro organizador de la célula. Extrabiol./autónoma. 	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- ¡ojo! Comentario hecho cuando transcribí la entrevista: he tardado sólo tres horas en transcribir esta entrevista cuando lo normal está siendo un promedio de cinco horas; yo creo que Yanira ha sido mucho más directa y más rápida en sus respuestas y me parece que eso también es significativo -la entrevista ha durado casi media hora como las demás.
- (*) Dependencia: lo he puesto porque lo usa como concepto y es algo en lo que insiste en los cuestionarios también como relación con el medio.
- ¡Es curioso! Hace referencia a "veo" -ella "ve" y en imágenes con dinamismo: rompiendo, haciendo, entrando, etc; ve movimiento. Pág. 4 A
- La foto de M.E. se parece a la suya pero la suya es más dibujo; colores y el movimiento son las diferencias mayores.
- Pág. 7 A: ha variado su modelo porque tenía la imagen del libro (estática) y ahora no.
- Pág. 7 B: cree que tiene las ideas estructuradas, englobando todo más o menos.
- Pág. 8 A: no cree que pueda dibujar funcionamiento. Insiste un poco más abajo. Para ella, su forma de entender la estructura ha evolucionado más que su forma de entender el funcionamiento.
- Pág. 5/6: imagen dinámica: "veo".

NOMBRE: Yanira

CURSO: COU A

FECHA: 31-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, animal, vegetal, metabolismo, anabolismo, catabolismo, respiración celular, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, fotosíntesis, química, biosintética, hialoplasma, mitocondrias, cloroplastos.	Vida, célula, procarionte, eucarionte, animal, vegetal, citoplasma, retículo endoplasmático liso, núcleo, cloroplasto, mitocondria, lípidos, glúcidos, proteínas, metabolismo, anabolismo, catabolismo. • ¡17 conceptos! Se pidieron 15.	Célula, eucariota, procariota, vida, moléculas inorgánicas, moléculas orgánicas, bioelementos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, catabolismo, metabolismo, anabolismo, ATP, energía, fosforilación oxidativa, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora, síntesis proteica, fotosíntesis, mitocondria, citoplasma, ribosomas, cloroplasto, núcleo, orgánulos celulares.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente	Arbitraria (¡son 17!, retículo endoplasmático liso y está rugoso, etc)	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Débil (Ej: conexión principios inmediatos orgánicos)	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	La explicación corrobora simpleza e ideas sueltas	No explica	Insiste, ya lo vi en los cuestionarios y la entrevista, en "relación con el medio para obtener ..."

NOMBRE: Yanira

CURSO: COU A

FECHA: 31-7-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, lisosomas, vacuola, mitocondria, energía, ATP, citoplasma, retículo endoplasmático liso, lípidos, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, síntesis proteica, proteínas, información genética, núcleo, ADN, transcripción, ARN, materias, información, desecho.	Agua, vida, seres vivos, reacciones químicas, medio, transporte, plantas, animales, organismos, plasmólisis, células, ósmosis, sales minerales, proteínas, procarionte, eucarionte, núcleo, cromosoma, membrana plasmática, glucólisis, fotosíntesis, respiración, vegetales, cromatina, envoltura nuclear, lisosomas, cloroplastos ATP, energía, mitocondrias, orgánulos, nutrientes.	Proteínas, reacciones, seres vivos, metabolismo, catabolismo, anabolismo, energía, cloroplasto, membranas, grana, fotosíntesis, respiración celular, plantas, ATP, glúcidos, célula, pared celular, animales, glucólisis, enzima, fermentación, hialoplasma, tilacoides, materia, ciclo de Calvin, estroma, organismo, funciones vitales, monosacáridos, anaerobios.	Membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, cloroplastos, seres vivos, animales, vegetales, β -oxidación, mitocondria, hialoplasma, reacciones, ciclo de Krebs, célula, lípidos, proteínas, transporte, energía, endocitosis, fagocitosis, pinocitosis, fagotrofia, autofagia, excitosis, vesículas, vida, metabolismo, materia, funciones, relación, medio, endomembranas, lisosomas, agua, glúcidos, síntesis de proteínas, dictiosomas, insolubilidad, impermeabilidad, plasticidad.	Enzimas, proteínas, reacciones químicas, metabolismo, seres vivos, organismo, membranas, ósmosis, transcripción, ADN, núcleo, ARN mensajero, citoplasma, ribosoma, traducción, ARN transferente, aminoácidos, anticodones, codón, configuración, ciclo de Krebs, inmunidad, código genético, anticuerpos, célula, sistema inmunitario, linfocitos, antígenos, respuesta celular, respuesta humoral, energía, holoproteína, apoenzima, cofactor, coenzima, holoenzima, catálisis, inhibición.	Información genética, mutación, genes, cromosomas, sexo, nucleótidos, seres vivos, reproducción sexual, reproducción asexual, ADN, ARN, célula, interfase, mitosis, núcleo, envoltura nuclear, cromatina, nucleolo, nucleoplasma, membranas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, carioplasma, citosol, citoesqueleto, diploides, profase, metafase, anafase, telofase, citocinesis, citoplasma, ácidos nucleicos, reproducción, delección, transversión, inserción, duplicación, translocación, inversión.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal	De libro	De libro	De libro (¡he dudado!)	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (¡el discurso!)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma (Ej: comentario del dibujo)	Organización autónoma (Ej: ósmosis/célula)	Repetición mecánica (Ej: glucólisis-¡pero integra cosas!)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg. 3 o preg. 4, inmunidad)	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres (Poca referencia al dibujo y sólo al final)	Elaboradas	Pobres (Ej: preg. 3, 5 y 6) (Muy general pero íntegra y aplica bien)	Pobres (Ej: preg 5)	Pobres (Ej: preg. 6)	Pobres (Ej: preg. 5)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (sin embargo: el núcleo donde "se procesa" toda la información se podría representar como el centro organizador de la célula. Extrabiol./repetición (de hecho, está en el dibujo)	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Yanira

CURSO: COU A

FECHA: 31-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<p>Membrana plasmática, mitocondrias, ARN transferente, núcleo, ácidos nucleicos, ARN mensajero, ribosomas.</p> <ul style="list-style-type: none"> no hace 2º dibujo. 	<p>Mitocondria, lisosoma, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, cloroplasto, pared celular, centrosoma, centriolos, vacuola, citoplasma, núcleo, nucleolo.</p> <ul style="list-style-type: none"> no nombra nada en los dos primeros dibujos. 	<p>Gota lipídica, cloroplasto, mitocondria, membrana nuclear, poros, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, pared celular, citoplasma, retículo endoplasmático liso, centrosoma, vacuola, aparato de Golgi, lisosomas, núcleo, nucleolo.</p>
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡y si acaso!)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (¡y ni eso! Algunos nombres pero sin delimitar sus estructuras -no dibuja prácticamente)	Identificación (¡pero ahora delimita las estructuras!)	Identificación
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Yanira

CURSO: COU A

FECHA: 31-7-98

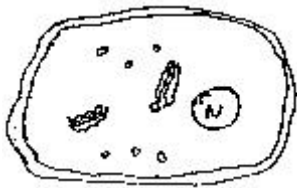
INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, ser vivo, funciones vitales, membrana, núcleo, ácidos nucleicos, proteínas, enzimas, nutrientes, energía, reacciones, mitocondrias, ribosomas, ARN mensajero, ARN transferente, vida.
Origen de la vida 18/11/96	Agua, vida, seres vivos, reacciones químicas, medio, transporte, plantas, animales, organismos, plasmólisis, células, ósmosis, sales minerales, proteínas, procarionte, eucarionte, núcleo, cromosoma, membrana plasmática, glucólisis, fotosíntesis, respiración, vegetales, cromatina, envoltura nuclear, lisosomas, cloroplastos ATP, energía, mitocondrias, orgánulos, nutrientes.
ex. GLUC. 9/12/96	Proteínas, reacciones, seres vivos, metabolismo, catabolismo, anabolismo, energía, cloroplasto, membranas, grana, fotosíntesis, respiración celular, plantas, ATP, glúcidos, célula, pared celular, animales, glucólisis, enzima, fermentación, hialoplasma, tilacoides, materia, ciclo de Calvin, estroma, organismo, funciones vitales, monosacáridos, anaerobios.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, animal, vegetal, metabolismo, anabolismo, catabolismo, respiración celular, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, fotosíntesis, química, biosintética, hialoplasma, mitocondrias, cloroplastos.
ex. LÍP. 26/2/97	Membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, cloroplastos, seres vivos, animales, vegetales, β -oxidación, mitocondria, hialoplasma, reacciones, ciclo de Krebs, célula, lípidos, proteínas, transporte, energía, endocitosis, fagocitosis, pinocitosis, fagotrofia, autofagia, exocitosis, vesículas, vida, metabolismo, materia, funciones, relación, medio, endomembranas, lisosomas, agua, glúcidos, síntesis de proteínas, dictiosomas, insolubilidad, impermeabilidad, plasticidad.
ex. PROT. 14/3/97	Enzimas, proteínas, reacciones químicas, metabolismo, seres vivos, organismo, membranas, ósmosis, transcripción, ADN, núcleo, ARN mensajero, citoplasma, ribosoma, traducción, ARN transferente, aminoácidos, anticodones, codón, configuración, ciclo de Krebs, inmunidad, código genético, anticuerpos, célula, sistema inmunitario, linfocitos, antígenos, respuesta celular, respuesta humoral, energía, holoproteína, apoenzima, cofactor, coenzima, holoenzima, catálisis, inhibición.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Vida, célula, procarionte, eucarionte, animal, vegetal, citoplasma, retículo endoplasmático liso, núcleo, cloroplasto, mitocondria, lípidos, glúcidos, proteínas, metabolismo, anabolismo, catabolismo.
ex. AN. 12/5/97	Información genética, mutación, genes, cromosomas, sexo, nucleótidos, seres vivos, reproducción sexual, reproducción asexual, ADN, ARN, célula, interfase, mitosis, núcleo, envoltura nuclear, cromatina, nucleolo, nucleoplasma, membranas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, carioplasma, citosol, citoesqueleto, diploides, profase, metafase, anafase, telofase, citocinesis, citoplasma, ácidos nucleicos, reproducción, delección, transversión, inserción, duplicación, translocación, inversión.
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana, célula, lisosomas, vacuola, mitocondria, energía, ATP, citoplasma, retículo endoplasmático liso, lípidos, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, síntesis proteica, proteínas, información genética, núcleo, ADN, transcripción, ARN, materias, información, desecho.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Gota lipídica, cloroplasto, mitocondria, membrana nuclear, poros, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, pared celular, citoplasma, retículo endoplasmático liso, centrosoma, vacuola, aparato de Golgi, lisosomas, núcleo, nucleolo.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, eucariota, procariota, vida, moléculas inorgánicas, moléculas orgánicas, bioelementos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, catabolismo, metabolismo, anabolismo, ATP, energía, fosforilación oxidativa, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora, síntesis proteica, fotosíntesis, mitocondria, citoplasma, ribosomas, cloroplasto, núcleo, orgánulos celulares.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, vida, seres vivos, medio, funciones, membrana, orgánulos, citoplasma, citoesqueleto, organismo, metabolismo, animal, ADN, código genético, energía, materia, relación, mitocondria, lisosomas, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, cloroplasto, pared celular, centrosoma, centriolos, vacuola, citoplasma, nucleolo, núcleo, vegetales, interacción.
Entrevista. 6/6/97	Ser vivo, célula, vida, energía, relaciones, nutrición, reproducción, dependencia (*), medio, funciones, orgánulos, división, animal, planta, membrana, núcleo, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, metabolismo.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	Entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Membrana, núcleo, mitocondrias, ribosomas.	Núcleo, cromosoma, membrana plasmática, envoltura nuclear, lisosomas, cloroplastos, mitocondrias, orgánulos.	Cloroplasto, membranas, grana, pared celular, hialoplasma, tilacoides, estroma.	Hialoplasma, mitocondrias, cloroplastos.	Membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, cloroplastos, mitocondria, hialoplasma, vesículas, endomembranas, lisosomas, dictiosomas.	Membranas, núcleo, citoplasma, ribosoma.	Ribosoma, retículo endoplasmático liso, núcleo, cloroplasto, mitocondria.	Cromosomas, núcleo, envoltura nuclear, nucleolo, membranas, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, carioplasma, citosol, citoesqueleto, citoplasma.	Membrana, lisosomas, vacuola, mitocondria, citoplasma, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, núcleo.	Cloroplasto, mitocondria, membrana nuclear, poros, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, pared celular, citoplasma, retículo endoplasmático liso, centrosoma, vacuola, aparato de Golgi, lisosomas, núcleo, nucleolo.	Mitocondria, citoplasma, ribosomas, cloroplasto, núcleo, orgánulos.	Membrana, orgánulos, citoplasma, citoesqueleto, mitocondria, lisosomas, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, cloroplasto, pared celular, centrosoma, centriolos, vacuola, citoplasma, nucleolo, núcleo.	Orgánulos, membrana, núcleo, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas.	AG3,centriolo1,centrosoma2,ctq2,ctpl6,ctsl1,clpt8,crma2,dictiosoma1,envnucl2,grana1,h1pl3,liss5,mbr10,mbrnucl1,mbrplasm2,mitc9,núcl10,nuclo4,org4,paredcel3,poro1,RE7,REL4,RER6,rib9,tilacoides1,vesc1.
Moléculas	Ácidos nucleicos, proteínas, enzimas, nutrientes, ARN mensajero, ARN transferente.	Agua, sales minerales, proteínas, cromatina, ATP, nutrientes.	Proteínas, ATP, glúcidos, enzima, monosacáridos.	-	Lípidos, proteínas, agua, glúcidos.	Enzimas, proteínas, ADN, ARN mensajero, ARN transferente, aminoácidos, anticodones, codón, holoproteína, apoenzima, cofactor, coenzima, holoenzima.	Lípidos, glúcidos, proteínas.	Genes, nucleótidos, ADN, ARN, cromatina, ácidos nucleicos.	ATP, lípidos, proteínas, ADN, ARN.	Gota lipídica.	Moléculas inorgánicas, moléculas orgánicas, bioelementos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP.	ADN.	-	AN3,ADN4,agua2,aa1,apoenz1,ARN4,ARNm2,ARNt2,ATP4,co don1,coenz1,cofactor1,cromat2,enz3,gen1,glúc4,holoprot1,líp4,moécula1,monosac1,nucleótido1,nutrient e2,prot8.
PROCESOS Mts.	-	Glucólisis, fotosíntesis, respiración.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, fotosíntesis, respiración celular, glucólisis, fermentación, ciclo de Calvin, anaerobios.	Metabolismo, anabolismo, catabolismo, respiración celular, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, fotosíntesis.	β-oxidación, ciclo de Krebs, metabolismo, síntesis de proteínas.	Metabolismo, transcripción, traducción, ciclo de Krebs, catálisis, inhibición.	Metabolismo, anabolismo, catabolismo.	-	Síntesis proteica, transcripción, desecho.	-	Catabolismo, metabolismo, anabolismo, fosforilación oxidativa, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora, síntesis proteica, fotosíntesis.	Metabolismo.	Metabolismo.	Anb4,anaerob1,â-ox1,cadresp1,cat4,catálisis1,cKrebs4,de secho1,ferme t1,ffoxid2,fo st4,glucólisis4,mtb8,resp3,respcel2,síntesis6,sprot3,traduc1,transcr p2.

Otros	Cuest. 1 Funciones vitales.	ex. OV. Transporte, plasmólisis, ósmosis.	Ex. Glúc. Funciones vitales.	Mapa 1 -	ex. Líp. Transporte, endocitosis, fagocitosis, pinocitosis, fagotrofia, autofagia, exocitosis, funciones, relación.	Ex. Prot. Ósmosis.	Mapa 2 -	ex. AN. Mutación, reproducción sexual, reproducción asexual, mitosis, diploides, profase, metafase, anafase, telofase, citocinesis, delección, transversión, inserción, duplicación, translocación, inversión.	Símil. -	Dibujo. -	Mapa 3. -	Cuest. 2 Funciones, relación.	Entrevista. Relaciones, nutrición, reproducción, funciones, división.	Conclusiones Anaf1,citocinesis1,delección1,diploide1,duplicac1,exocit1,exocit1,fagocit1,funciones5,FV2,inversión1,metaf1,mitosis1,nut1,ósmosis2,pinocit1,plasmólisis1,prof1,rel2,rep2,rasex1,rs ex1,telof1,translocación1,transporte2.
CONCEPTOS GRALES:	Célula, ser vivo, energía, reacciones, vida.	Vida, seres vivos, reacciones químicas, medio, plantas, animales, organismos, células, procarionte, eucarionte, vegetales, energía.	Reacciones, seres vivos, energía, plantas, célula, animales, materia, organismo.	Célula, animal, vegetal.	Seres vivos, animales, vegetales, reacciones, célula, energía, vida, materia, medio.	Reacciones químicas, seres vivos, organismo, célula, energía.	Vida, célula, procarionte, eucarionte, animal, vegetal.	Información genética, seres vivos, célula.	Célula, energía, información genética, materias, información.	-	Célula, eucariota, procariota, vida, energía.	Célula, vida, seres vivos, medio, organismo, animal, energía, materia, vegetales, interacción.	Ser vivo, célula, vida, energía, dependencia, medio, animal, planta.	Ani7,célula12,energía9,eucart1,genética2,información2,infgen2,interacción1,materia4,medio4,organismo4,planta3,procart1,react5,react2,svv8,vgt5,vida7.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	Insolubilidad, impermeabilidad, plasticidad.	Configuración, inmunidad, código genético, anticuerpos, sistema inmunitario, linfocitos, antígenos, respuesta celular, respuesta humoral.	-	Sexo, interfase.	-	-	-	Código genético.	-	Anticuerpo1, antígeno1,códigogen2,impermeabilidad1, inmunidad1,interfase1,linfocito1,permeabilidad1,respuesta1,respcel1,sexo1,sistimmunit1.
MODELO	A	C	B	B	B	B	B	B	B	A	B/C	C	C	C

Yanira muestra a lo largo del curso una curiosa evolución en lo que a su forma de pensar en la célula se refiere. Su primer registro de la misma supone un modelo sólo estructural de esta entidad a la que sólo le asigna como procesos característicos las funciones vitales, observándose una concepción más global e integrada en el siguiente; opera con un modelo dual en el que progresivamente va incorporando y usando los conceptos definitorios de la dinámica celular y, al final del mismo, vuelve a trabajar con ellos de forma integrada, global, en una representación nuevamente única de esta estructura viva pero que es mucho más rica que en aquella primera ocasión en la que la mostrara, cuanto menos, en términos conceptuales que, en todo caso, tampoco usa en exceso, recurriendo muchas veces a conceptos genéricos y no tanto a los conceptos más específicos que otros compañeros han usado con profusión. Cuando en el cuestionario inicial (22-10-96) se le pregunta cómo podríamos representar una célula y cómo haríamos un dibujo de la misma, Yanira responde:

“Una célula la podemos representar como:



La célula estaría rodeada por una membrana protectora. En su interior estaría el núcleo, donde se encuentran los ácidos nucleicos, y fuera del núcleo proteínas de las cuales las más importantes serían enzimas encargadas de realizar las funciones de la célula (pero las más importantes son los ácidos nucleicos)”.

Las frases que usa cuando se enfrenta a esta tarea resultan librescas, producto de repetición mecánica de la información que ha manejado y prueba de ello es lo que hace ante las preguntas:

- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
- *“Es un ser vivo de estructura compleja.*
- *Se encarga de utilizar los nutrientes de los seres vivos para obtener energía.*
- *Su actividad hace posible la realización de las funciones de los seres vivos”.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- *“Funciona a base de reacciones.*
- *Los ácidos nucleicos son los que mandan.*
- *La energía obtenida hace posible la realización de las funciones de un ser vivo”.*

Cuando se le plantea qué haría si tuviera que dibujar cómo funciona, no plasma ningún diseño y en su lugar responde con una analogía extrabiológica que surgió en una discusión llevada a cabo en una sesión de clase anterior a este cuestionario.

“Lo haría como una fábrica con varios empleados capaces de realizar una actividad específica dentro de la fábrica (célula), para al final obtener un único resultado de todo. En la célula sería la posible realización de las funciones de un ser vivo”.

Su discurso, como vemos, es coherente, es un discurso hilvanado que muestra lo que ya se comentó en lo que a la pobreza de explicaciones se refiere ya que surge de un modelo de célula que es básicamente estructural; de este modo, le resulta difícil establecer inferencias y deducciones biológicamente consistentes, elaboradas, y eso es lo que se observa en la forma de responder a la siguiente pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?
- *“Que pueda mantenerse, es decir, que sobreviva por sí sola, y que realice una actividad específica. (Para las funciones vitales de un ser vivo).*
- *Tendría que tener ácidos nucleicos en su núcleo, fuera proteínas y una membrana protectora.*
- *Que todos sus componentes realizaran la actividad específica”.*

¿Por qué lo anterior es una muestra de pobres deducciones? ¿Por qué supone ausencia de un modelo de funcionamiento o, en caso de tenerlo, limitación del mismo? Yanira no es capaz de integrar en una única explicación su respuesta y tiene que recurrir a contestar cada una de las cuestiones planteadas por separado y sin conexión alguna entre ellas, no es capaz de razonar válidamente en términos biológicos estableciendo alguna interacción o causalidad entre elementos integrantes y sus papeles fisiológicos como consecuencia de los mismos, no advierte que la condición de “viva” sea precisamente eso, una consecuencia de la composición físico-química y de la dinámica de esa estructura que la constituye como tal célula. Esa entidad “célula” se genera nuevamente en su mente cuando hace el examen de Origen de la Vida (18-11-96) y en esta ocasión, Yanira la explica en los siguientes términos:

“Es la base funcional y estructural de todos los seres vivos. Todos los seres vivos están formados por unas pequeñas unidades llamadas células; éstas se reproducen gracias a otra ya existente; la función de todo ser vivo se da gracias a la actividad específica de un conjunto de células.

Se conocen dos tipos de célula: procarionte y eucarionte.

La procarionte se parece a la célula ancestral primitiva pero no es tan simple, ya que aunque no posee núcleo, sólo un cromosoma y membrana plasmática, hay seres procariontes capaces de realizar los tres procesos energéticos: glucólisis, fotosíntesis, respiración.

Los eucariontes pueden dividirse en células vegetales y animales. Poseen cromatina en una envoltura nuclear, membrana plasmática, lisosomas, etc... pero la diferencia es que las vegetales contienen cloroplastos para la realizar la fotosíntesis, por lo cual obtienen energía química (ATP) y actúa como fuente de H y electrones.

Las células animales contienen mitocondrias para la captación de energía”.

Su discurso nuevamente es coherente aplicando con corrección los conceptos que selecciona para construir su respuesta, si bien es cierto que hay cierta confusión en el procesamiento energético de una célula; no parece éste un ejemplo prototípico del lenguaje característico de los libros de texto sino que más bien indica una elaboración bastante personal en las ideas que comunica. Además puede observarse en el extracto anterior que combina adecuadamente tipos celulares, orgánulos y estructuras, así como procesos y lo hace con fluidez y comodidad. Ha generado un modelo de célula que es una estructura que procesa energía y esto lo hace a través de procesos metabólicos (en los que es evidente que debe profundizar, pero que considera). De este modo, cuando hace rotar el modelo que ha construido, produce explicaciones consistentes porque su modelo se lo permite y, también, elabora adecuadamente sus inferencias y deducciones porque ese modelo la dota, también, de poder predictivo; un ejemplo es lo que responde ante la pregunta:

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchan y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.

- Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“Las medusas son seres que casi la práctica totalidad de su organismo es agua. Éstas mueren si no son isotónicas con el medio exterior a ellas. Pueden morir por pérdida de agua, o por ganancia de agua, es decir, cuando la concentración del medio exterior es menor y ellas para equilibrarlo ganan agua, lo que provoca que exploten y mueran.

Es como cuando a un ser vivo le inyectan sangre pura en su cuerpo. Los glóbulos rojos acaban explotando (porque su concentración es mayor que la del exterior).

También ocurre lo mismo cuando inyectan nutrientes, antibióticos u otra sustancia de forma intravenosa, por eso los médicos usan el llamado suero salino (creo), para que los glóbulos blancos no mueran”.

Podría concluirse del examen que hace Yanira de Origen de la Vida como producto que ha adquirido comprensión del contenido trabajado con respecto a la célula y que ello es así como consecuencia del modelo global, único, compacto que ha generado en su mente como intermediario entre ese contenido y su propia estructura cognitiva, estructura que se ha reestructurado con respecto al principio de curso, asimilando e integrando los nuevos conceptos, sobre todo funcionales, a aquella primera representación. Pero esa comprensión no siempre es fácil, esa incorporación, integración y asimilación de los nuevos conceptos no resulta siempre tan cómoda e inmediata, máxime cuando son complejos como compleja es la entidad que se está queriendo aprender y representar. Y eso es lo que ocurre con todo aquello que define el carácter vivo de la célula como tal unidad que, en definitiva, es el metabolismo, contenido que se trabaja e incluye en el examen de Glúcidos (9-12-96). En esta ocasión, Yanira nos ofrece varios ejemplos de problemas de comprensión del mismo y, consecuentemente, de la célula que es “la cosa” que lo realiza, problemas y dificultades que son consecuencia de una representación que tiene menos poder explicativo, o capacidad explicativa biológicamente insuficiente; recurre en sus explicaciones a un lenguaje libresco que no es más que repetición mecánica, memorística, de la información manejada, usando incluso palabras y expresiones que están muy lejos de ser habituales en estos estudiantes. Un ejemplo nos lo encontramos en su forma de explicar la glucólisis.

“Es un proceso mediante el cual, a partir de una molécula de glucosa se obtiene ácido pirúvico. Se realiza sin la intervención de O₂.

La célula no toma un sustrato y lo utiliza directamente, sino que utiliza unas rutas, consistentes en una serie de reacciones en las cuales hay una enzima que cataliza el producto de la anterior. Pero pocas reacciones son útiles, es decir, inductoras de energía. En la glucólisis sólo dos reacciones producen energía.

En la primera fase de la glucólisis es donde se activa la glucosa en sucesivos pasos para, al final obtener una molécula 3-P-gliceraldehído.

Ésta es la fase de las hexosas.

En la segunda fase, la molécula 3-P-gliceraldehído se oxida, y al final del proceso deja de reducirse el NAD y se obtiene el ácido pirúvico. En esta fase es donde se produce las dos moléculas de ATP, es la fase fundamental. Si la glucólisis termina con la conversión de los “azúcares” en otros compuestos orgánicos, tiene lugar la fermentación. Hay dos tipos:

Fermentación alcohólica.- en la cual el ácido pirúvico se descarboxila produciéndose etanol, oxidándose el NADH.

Fermentación láctica.- el ácido pirúvico se reduce a ácido láctico.

La fermentación es un medio fundamental para la producción de energía para los seres anaerobios, aunque aquellas células que están en situación de estrés, como las células musculares, por la falta de O₂ a causa de un ejercicio prolongado, utilizan la fermentación para obtener energía.

La glucólisis ocurre en el hialoplasma”.

En todo caso, como hemos tenido ocasión de comprobar con el dato anterior, esta alumna hace gala de un discurso coherente y bien articulado, pero un discurso que evidencia que al incorporar este nuevo y complicado contenido no está comprendiendo cómo funciona esa estructura que recibe el nombre de célula, cometiendo como consecuencia importantes errores en sus explicaciones. Un ejemplo de ello lo tenemos en lo siguiente:

- Razona las respuestas :
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.

“No, porque la fotosíntesis pertenece a la respiración celular de las plantas, una vía anabólica por la cual los seres fotosintéticos obtienen energía química (ATP) y poder reductor (NADH) a partir de la energía luminosa. Transforman el CO₂ y H₂O para obtener glúcidos y desprenden O₂”.

- ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.

“Una célula no podría funcionar como tal sin los glúcidos. Éstos constituyen una fuente energética fundamental para que las células puedan realizar sus funciones. Además, muchos glúcidos tienen función estructural, como es la celulosa, que forma parte de la pared celular de las plantas. Y la quitina en los animales”.

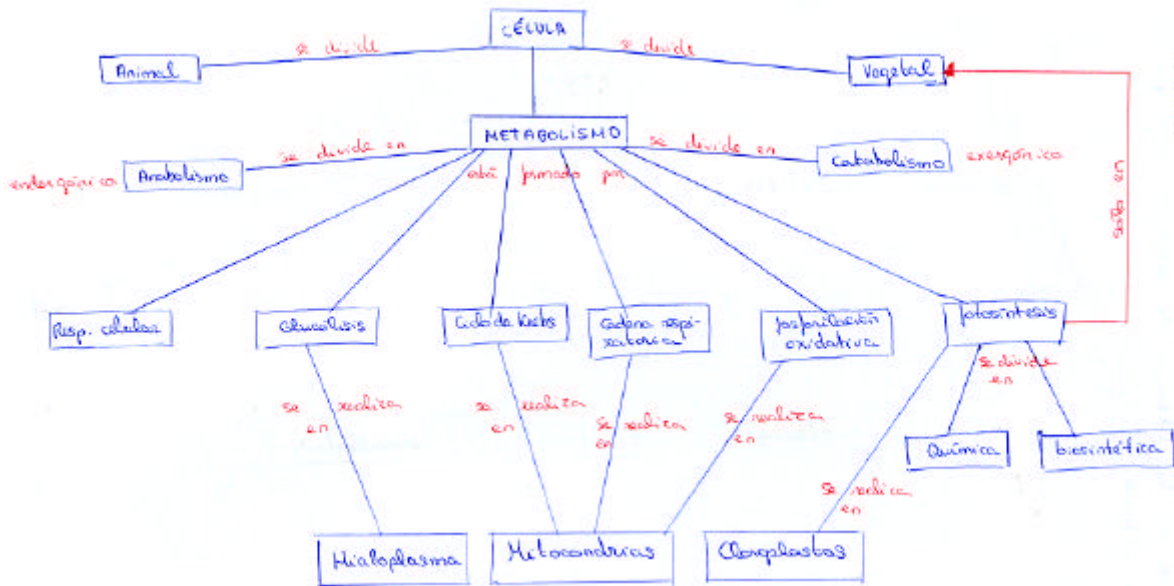
Esta última explicación, en todo caso, y aunque sea en términos muy genéricos, nos muestra que Yanira cae en la cuenta de esa doble vertiente estructural/funcional en la que tiene que considerar la célula, aunque parece que lo haga en cada uno de esos ámbitos por separado. Y esto es lo que a nuestro juicio la lleva a establecer de manera pobre y limitada inferencias y deducciones, a razonar escasamente en términos biológicos aplicando poco el contenido, la información que ha trabajado; eso es lo que parece desprenderse de lo que responde ante la pregunta:

- “ En 1906, Gandhi ideó su primera campaña de resistencia no violenta, durante la cual mantuvo diferentes huelgas de hambre, consistentes en prolongados ayunos voluntarios. En España, recientemente, un grupo de personas solidarias con los habitantes del Tercer Mundo ha recurrido a este medio de protesta para solicitar un aumento del porcentaje del Producto Interior Bruto (PIB) (del 0,3% al 0,7%) que se destina a la ayuda de estas zonas desfavorecidas. La huelga de hambre no está exenta de riesgos por cuanto el organismo, aun en estado de reposo absoluto, consume una cantidad de energía ; es lo que se conoce como metabolismo basal”. (Rodríguez Álvarez y Cruz León).
 - Haz un comentario crítico aprovechando lo que comenta el texto y tus conocimientos de Biología.
 - ¿Por qué hay riesgos ? ¿cuáles son ? . Utiliza el mayor número de argumentos biológicos posible.

“El organismo aunque esté en estado de reposo, sigue consumiendo, más bien gastando, energía, ya que aún sigue realizando sus funciones vitales gracias a las reservas energéticas (acumuladas anteriormente). El problema es que cuando éstas se gastan el organismo va degradándose, de ahí que se corra un grave riesgo, y por decirlo de alguna forma, se van muriendo poco a poco sus estructuras, hasta la muerte total del organismo”.

Su siguiente registro lo obtenemos cuando hace su primer mapa conceptual (9-1-97) y en él observamos una selección lógica desde el punto de vista biológico de los conceptos que usa, conceptos que distribuye en un nivel muy general de clasificación, otro de procesos metabólicos (generales y específicos) y, por último, otro de orgánulos en los que ocurren; piensa en procesos por un lado y en estructuras por otro estableciendo conexiones muy simples y, además, escasas. No parece que ello sea la

consecuencia de operar mentalmente con una representación global, única, de la célula, no da la impresión de que este mapa sea el resultado de una comprensión aceptable sobre la misma como estructura viva y de ello da fe la explicación que se le añade al mapa conceptual.



“Las células se dividen en células animales y células vegetales.
 El metabolismo de las células se divide en anabolismo y catabolismo. El anabolismo es endergónico, ya que no libera energía, y el catabolismo es exergónico porque sí la libera.
 Las reacciones que realiza el metabolismo son la glucólisis, el ciclo de Krebs, la cadena respiratoria, la fosforilación oxidativa y la fotosíntesis.
 El fin último de todos ellos es la obtención de energía para que los seres vivos realicen sus funciones vitales”.

Este modelo dual de célula que hace rotar Yanira frente a la tarea cognitiva de elaborar y explicar el mapa conceptual es el mismo que, si interpretamos sus producciones, hace cuando se le da el examen de Lípidos (26-2-97). Usa frases muy librescas que, en todo caso, articula convenientemente en un discurso hilvanado que no es más que repetición memorística de la información trabajada, una repetición pasiva, mecánica que no da indicios de ampliar su comprensión con respecto al tema objeto de estudio y aprendizaje y, como es lógico, no la dota de poder explicativo; de hecho, no es capaz de recuperar conceptos que son relevantes, no revisa recursivamente lo que ya ha estudiado cuando hace rotar en este momento su modelo y se queda en la superficialidad. Si explicación del concepto célula es en esta ocasión como sigue:

“La célula es la base funcional y estructural de la vida. Gracias al metabolismo celular, por el cual se crea y se destruye materia, los seres vivos realizan sus funciones.
 Las células agrupadas forman un tejido con una actividad propia, y un conjunto de tejidos forman un órgano con una función propia.
 La célula sobrevive gracias a la relación con el medio externo, manteniéndose un equilibrio”.

Obsérvese que su respuesta es muy genérica si bien destaca lo que el metabolismo hace con esa materia para mantenerla viva. Con un modelo como el que ha generado esta joven, cuando tiene que deducir también recurre a repetir mecánicamente la información que recuerda estableciendo pocas y pobres inferencias y razonamientos; veamos un ejemplo de ello:

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

“ En cierta forma sí. Las características principales de los lípidos son su insolubilidad en agua y además forman parte de las membranas celulares (manteniendo un equilibrio entre el medio interno y externo celular gracias a su impermeabilidad).

El objetivo (supuesto) de estas cremas es el no permitir que las células de la piel se desequen y envejecan, haciéndolas mantener su estructura y fortaleciéndolas del medio externo, ya que la impermeabilidad, por ejemplo, se la aportan los lípidos a la membrana celular.

Las ceramidas vienen de las ceras, constituyentes esenciales de las membranas de los vegetales, protegiéndolas así del medio externo, por su carácter de plasticidad e impermeabilidad”.

No se observan grandes cambios en el examen de Proteínas (14-3-97) que hace Yanira como producto; la tónica en su representación mental sigue siendo la misma, es decir, un modelo dual que atiende por una parte a la estructura celular y por otra a su comportamiento. Pero en esta ocasión parece observarse una ligera evolución en la forma según la cual esta alumna maneja la información que procesa. Hay indicios de un lenguaje libresco, si bien a veces parece más personal, un lenguaje que, en todo caso, comunica una organización autónoma de dicha información que, como en casos anteriores, expresa coherentemente en un discurso aceptable, de lo que es un ejemplo lo siguiente:

- ¿De qué manera traduce la célula la información del núcleo a proteínas ? Explica detalladamente el proceso.

“En primer lugar se produce la transcripción catalizada por la ARN-polimerasa: el ADN presente en el núcleo se copia a una secuencia de ARN mensajero portador del código de la proteína a sintetizar. Esta molécula pasa al citoplasma donde se une a la subunidad menor del ribosoma, el cual se encargará de decodificar el mensaje, aquí comienza la traducción: otra molécula de ARN transferente se unirá a cada uno de los veinte aminoácidos presentes en el citoplasma, en el que el aminoácido iniciador es la metionina, y mediante los factores de iniciación (tres proteínas citosólicas) se unirán los anticodones del ARN transferente con su respectivo codón de ARN mensajero. Una vez unidos comienza a formarse la secuencia peptídica que gracias a los factores de prolongación que promueven esta fase (elongación), la secuencia peptídica o cadena irá prolongándose a medida que se añaden aminoácidos. Luego llega la fase de liberación o terminación, en la que la cadena se libera del ribosoma cuando el codón al que se une es el de terminación, el cual no contiene el mensaje de la proteína a sintetizar y hace que la cadena se “suelte”. Una vez la cadena esté liberada, sufre una serie de plegamientos hasta que la proteína alcance su configuración tridimensional, con la cual alcanzará su actividad biológica propia. Antes o después de los plegamientos de la cadena, ésta se liberará de su aminoácido iniciador gracias al ataque enzimático que sufrirá en el citoplasma. En la fase de traducción es donde la subunidad menor del ribosoma se une a la mayor, haciendo posible la síntesis completa.

Todo el proceso se realiza gracias a la hidrólisis de GTP, y los aminoácidos sobrantes se degradarán pudiendo transformarse en glucosa, ácido pirúvico o en intermediarios del ciclo de Krebs”.

En todo caso y aunque aquí integra convenientemente procesos y estructuras, Yanira está trabajando mentalmente con un esquema doble lo que se evidencia, por ejemplo, cuando hace referencia a lo que le ocurriría a una célula si no existieran los enzimas, no cayendo en la cuenta en su respuesta de que tampoco se construiría su propia materia celular y no haciendo ninguna mención a su estructura.

“Si no existieran los enzimas algunas reacciones metabólicas se harían tan lentamente que la rentabilidad para el organismo no sería tanta como con la actuación de los enzimas. Tampoco se controlaría la temperatura debida para las reacciones y el organismo podría quemarse.

No se degradarían ni producirían sustancias necesarias para el organismo con tanta facilidad, provocando un metabolismo lento e ineficaz”.

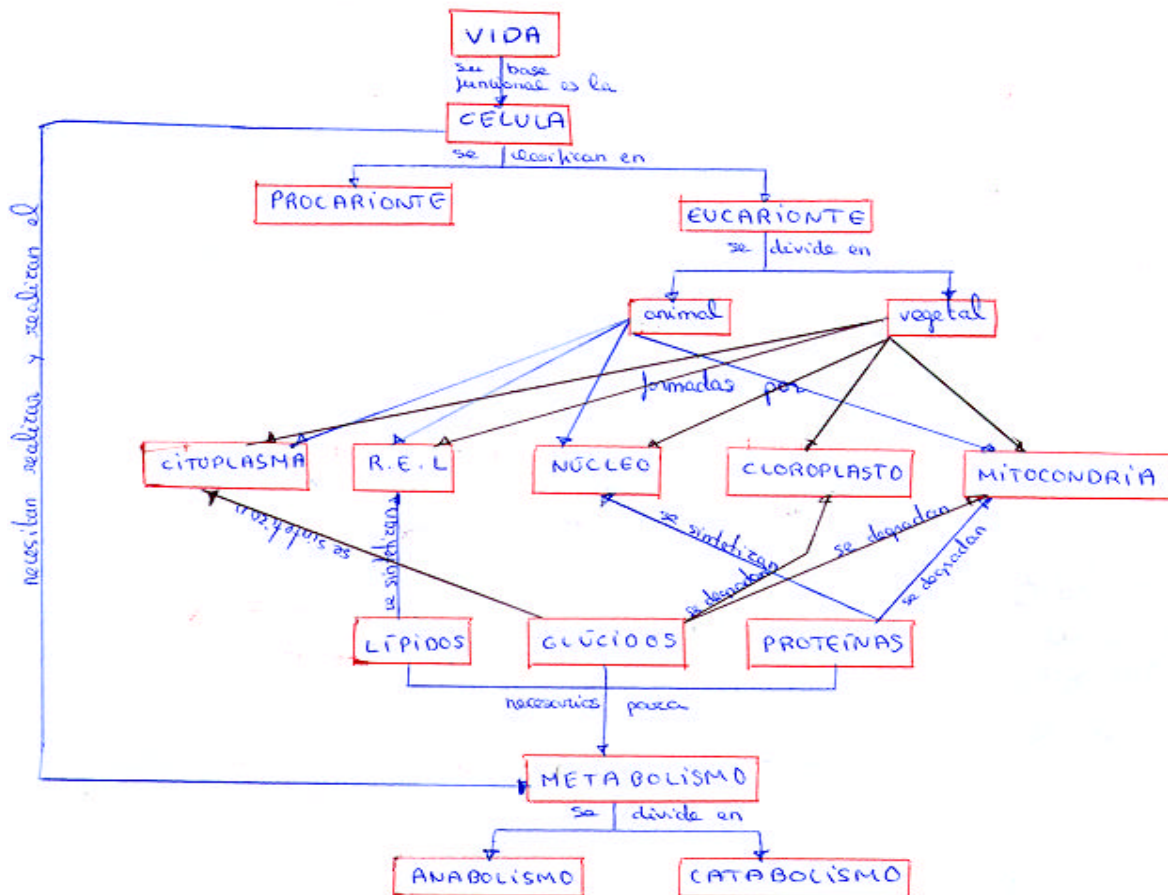
De este modo, sus inferencias y sus deducciones son bastante pobres pues no tiene un modelo explicativo de referencia, un análogo estructural de la entidad que quiere representar y que tiene que utilizar que la dote de comprensión sobre la misma, no puede modelizarla en toda su complejidad y, lógicamente, no puede establecer relaciones y deducciones causa/efecto, como acabamos de ver en el ejemplo anterior y como se observa nuevamente en el dato siguiente:

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

“Puede que las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo puedan prescindir de este aminoácido y, sin embargo, sean aminoácidos esenciales de las malas hierbas.

Podría comprobarse analizando el contenido de cada una de las plantas, comprobando si no son esenciales para las plantas de cultivo estos aminoácidos o si lo son para las otras plantas”.

El segundo mapa conceptual (1-4-97) que hace Yanira responde a una selección de conceptos un tanto arbitraria ya que se limitó su número a quince y ella tiene diecisiete; además, teniendo en cuenta esta limitación y la demanda que se hace, algunos de ellos son discutibles. Sigue uniendo esos conceptos con nexos extremadamente simples dando lugar a proposiciones que resultan poco significativas biológicamente, lo que se considera una consecuencia, una forma de comunicar el sentido o significado que ella le atribuye a los mismos. La jerarquización es bastante débil y, en todo caso, lo más destacado en su parte central son los orgánulos y las moléculas que usa, relegando el comportamiento al final y sólo de manera muy general, metabolismo que no relaciona con los orgánulos aun pudiendo hacerlo, lo que se interpreta como una prueba de que piensa por separado en ambos aspectos. Además, y como consecuencia de ello, se detectan algunos errores funcionales que representan problemas de comprensión de esta compleja entidad. A pesar de requerirse explícitamente, Yanira no explica su mapa.



En el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) encontramos nuevamente indicios de ese modelo dual en la cabeza de Yanira. Obsérvese por la fecha que estamos casi a final de curso y que el contenido trabajado con respecto a la célula ha sido denso e intenso; cabría esperar, pues, que se recuperara, que se estuviera en condiciones de revisar hacia atrás, de diferenciar progresivamente para, luego, reconciliar de forma integradora todo aquello que nos permita explicar y predecir si es que hemos comprendido aquello que hemos estudiado, si es que, efectivamente y en nuestro caso, hemos integrado esa nueva información que supone el funcionamiento celular en la representación de célula que ya poseíamos y hemos generado con ello un modelo único, global, compacto de esa estructura biológica que es la célula. Y no parece que sea esto lo que ocurre en la mente de Yanira cuando se enfrenta a explicar el papel que tiene los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento celular; su explicación es pobrísima no dando cuenta de lo que se le demanda y no haciendo ninguna referencia ni a estructura ni a funcionamiento. ¿Qué modelo de célula hizo rotar esta alumna en este momento?

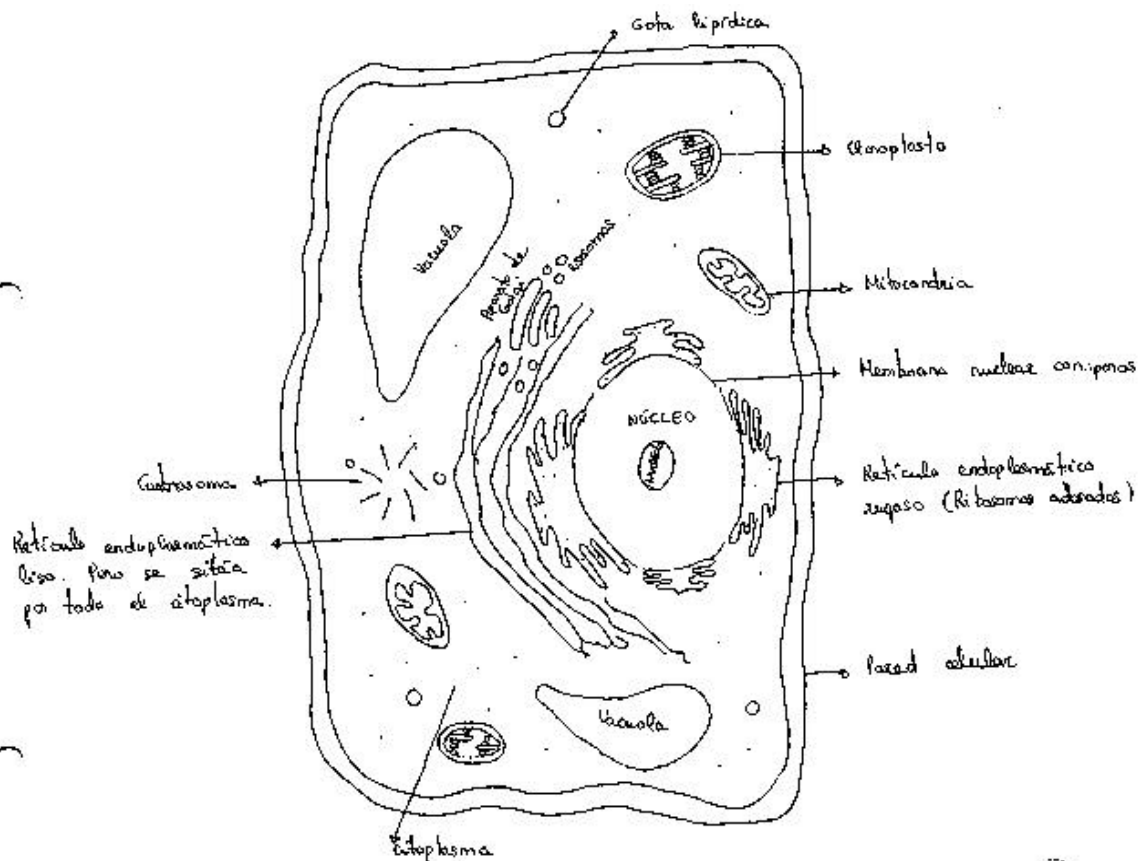
“La célula depende de los ácidos nucleicos en gran medida, ya que toda la información genética que éstas contienen dependen de ellos, y de la procreación y evolución de las especies”.

¿Y qué modelo generó cuando se le pidió que explicara en qué medida un dibujo con varias analogías reflejaba la estructura y el funcionamiento de una célula, razonando su respuesta (13-5-97)? Si bien hasta ahora habíamos observado que esta estudiante hacía uso de un discurso coherente, en esta ocasión resulta llamativo que echa mano de frases sueltas que no tienen hilo conductor alguno, ¡no hay discurso!, comunicando una idea de célula que es muy evidente que es dual pues recurre a hacer

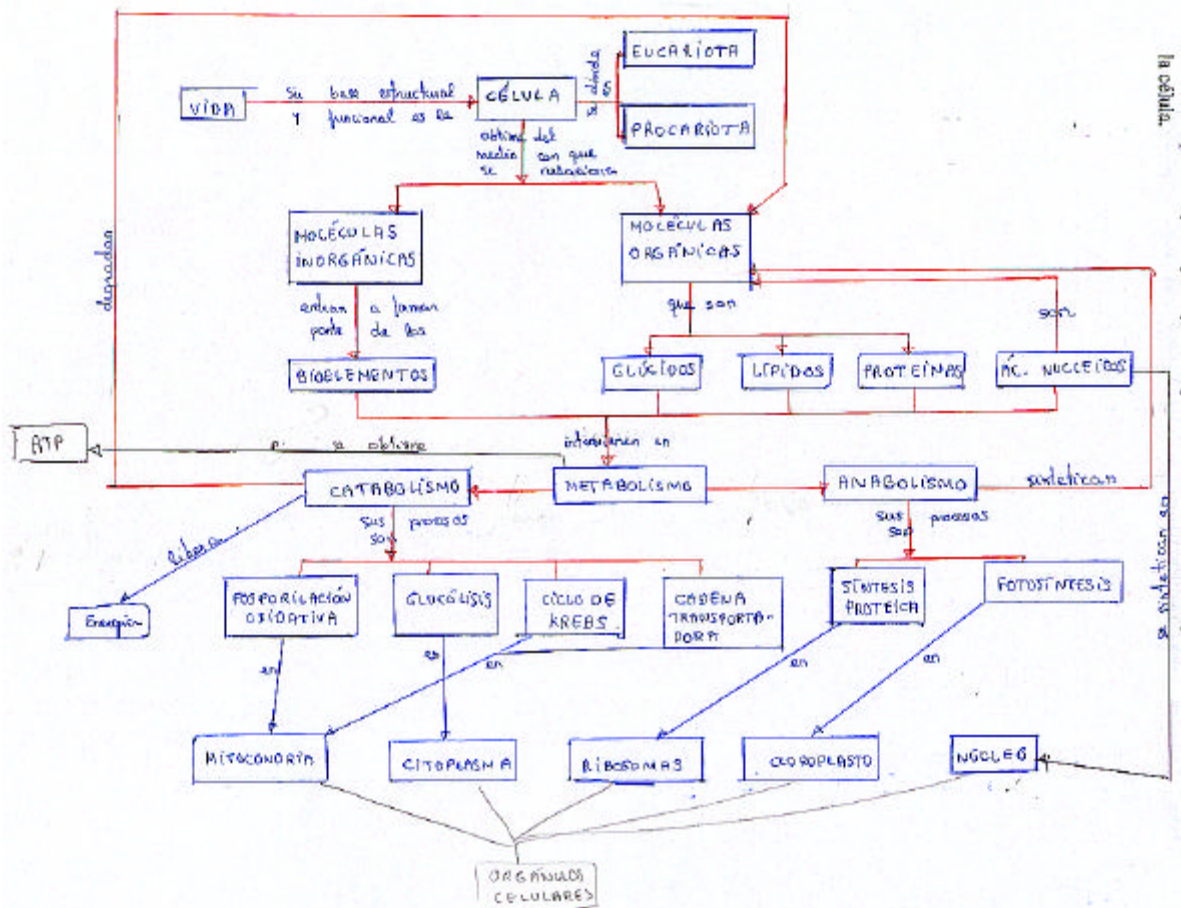
una relación de diferentes orgánulos y estructuras y del papel biológico que éstas hacen, siendo este último aspecto incluso muy limitado en términos conceptuales.

- “La membrana de la célula es semipermeable y permite el paso de algunas sustancias.
- Los lisosomas recogen las sustancias que van a ser utilizadas por la célula.
- La vacuola digestiva recoge sustancias de desecho que la célula no va a utilizar.
- En la mitocondria se degradan algunas sustancias o se transforman con el fin de obtener energía (ATP).
- Sustancias que se encuentran en el citoplasma son almacenadas en las vacuolas como sustancias de reserva.
- En el retículo endoplasmático liso se sintetizan los lípidos.
- En el retículo endoplasmático rugoso se encuentran adosados los ribosomas que son los encargados de realizar la síntesis proteica.
- La síntesis de proteínas se realiza gracias a la información genética que proviene del núcleo, que es donde se sintetiza el ADN que por transcripción pasa a ARN, que se encargará de ayudar de realizar junto con el ribosoma (o en él) la síntesis proteica.
- En el dibujo se compara a la célula con una gran fábrica (yo diría que es un poco más complicada) que a partir de ciertas materias primas que obtiene crea unas nuevas para incrementar poco a poco su beneficio y mantenerse.
- El núcleo donde se “procesa” toda la información se podría representar como el centro organizador de la célula. (En cierta forma)”.

El dibujo que elabora para plasmar estructura y funcionamiento (19-5-97) no refleja nada más que la estructura; es un dibujo libresco muy simple, si bien es mucho más rico que el que hizo en el cuestionario inicial, en el que sólo se observa identificación de los orgánulos constituyentes. Ya se ha comentado que Yanira no modeliza la célula en toda su complejidad, no la imagina y quizás este diseño sea una consecuencia de ello; recuérdese que cuando se le solicitó que hiciera algo para plasmar su funcionamiento tampoco en aquella ocasión pudo dar cuenta de ello. ¿Podría decirse con el dibujo que hace en esta ocasión que ha pensado en su comportamiento?



Sus ideas, en todo caso, con respecto a la célula han ido evolucionando, se han ido reestructurando y enriqueciendo y parece que con ello Yanira ha ido adquiriendo una mayor capacidad explicativa con respecto a los atributos característicos que definen célula como concepto. Eso es lo que parece desprenderse del tercer mapa conceptual que elabora (21-5-97), un mapa en el que selecciona adecuada y consistentemente los conceptos que sigue uniendo con nexos simples y, con ello, asignándoles poco significado pero que distribuye y jerarquiza coherentemente; aumentan también las relaciones cruzadas aunque podría definir más aún. Con lo anterior y observando el mapa conceptual, hay indicios para la duda en su interpretación, para considerarlo, por una parte, como el producto o la consecuencia de un modelo dual, de un esquema doble estructural/comportamental por separado si atendemos a la simpleza de las relaciones y a la poca significatividad de las proposiciones; pero, por otra, podría pensarse que está integrando ambas vertientes o aspectos en un modelo único si tenemos en cuenta la pertinencia de los conceptos seleccionados, su distribución y jerarquización y las relaciones, interacciones y conexiones cruzadas que establece con ellos que dan ciertos y muy tímidos rastros de una incipiente causalidad.



Y esa causalidad es la que parece emanar del cuestionario final (29-5-97) que hace Yanira; en él elabora de manera muy personal las frases que usa haciendo gala con ellas de un discurso coherente, bien articulado y bien estructurado en el que aplica adecuadamente la información que maneja, que organiza autónomamente. Un ejemplo de ello es la sintética y concisa explicación que hace de cómo cree ella que funciona una célula.

“Un funcionamiento complejo relacionado con su metabolismo y los orgánulos en que éste se realiza.

Una interacción dinámica con el medio externo que la rodea.

*“Fabrica” y degrada materia.
¡Es muy compleja!”.*

Una compleja entidad, una compleja “cosa” que responde a interacciones internas y externas en función de relaciones causa/efecto.

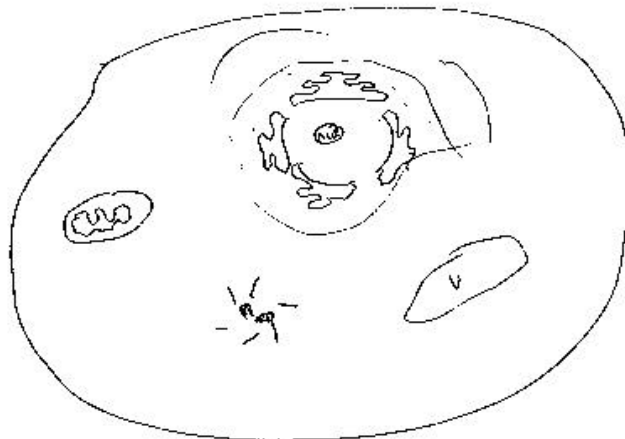
- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Para ser una célula tiene que contener orgánulos o moléculas (ADN) que contengan el código genético que actúen como centro organizador de la célula y que garanticen su reproducción.

Tiene que poseer numerosos orgánulos que realicen una actividad propia que proporcione a la célula lo necesario, como energía química, para su funcionamiento.

Para funcionar como una célula tendría que poder realizar el metabolismo por medio del cual pudiera degradar o sintetizar la materia necesaria para su funcionamiento. Tendría que ser dependiente del medio externo, ya que éste le proporciona lo necesario para sobrevivir. (incluyendo relación con otras células)”.

Pero una compleja “cosa” que funciona también de manera compleja que si bien ahora puede modelizar, no puede imaginar; Yanira no tiene “imaginabilidad” para plasmar en dibujo su funcionamiento y, a juzgar por lo que hace en esta ocasión, tampoco para su estructura.



¿Qué información nos aporta su entrevista final (6-6-97)? Yanira es muy directa y muy rápida en sus respuestas y esto se ha considerado significativo en el sentido de que muestra una gran concisión y seguridad del modelo o de la representación que ha generado. Usa frases que son producto de elaboración personal y las articula coherentemente organizando también de manera personal y autónoma la información que selecciona. Construye un modelo global, único, que le permite modelizar, otra vez, cómo está actuando la célula “viendo” cómo se comportan los distintos orgánulos y moléculas y cómo se relacionan entre sí.

Yanira : ¡tch ! ¿célula ? pues me viene a la imagen la célula, una esfera ¡mmm ! con todos los orgánulos y todo en movimiento y.

ML : y todo en movimiento ; descríbemelo un poquito más.

Yanira : sí, como.

ML : ¿una esfera, me dijiste ?

Yanira : sí, algo que ¡mmm !, bueno, no es una esfera, no tiene forma así ... definida pero sí, al, yo me la imagino así, como si fuera una esfera o, o así y entonces entre un orgánulo y otro pues [...] relacionándoseee, no sé, una cosa que sale de un orgánulo, el otro la coge, así.

ML : ésa es la imagen que tienes ahora mismo en la mente.

Yanira : sí, pienso que sí.

ML : ¿catabolismo qué imagen te sugiere ?

Yanira : *pues ver, pues los orgánulos ¡a ! tomando moléculas y ... degradándolas y*

ML : ¿cómo ves esa degradación ? ¿qué estás viendo ? ... Dices, como me dijiste : pues veo.

Yanira : *sí, sí, es como sí las, ¡eh ! ... como si estuvieran unas moléculas se vaaan partiendo en otras, así y van.*

ML : eso es lo que estás viendo.

Yanira : *sí.*

ML : me hizo gracia , me dijiste : pues veo ; ¿pues qué ves cuando te digo meiosis ?

En la medida en que es un modelo único, global, compacto, de estructura y de funcionamiento, un modelo mental que la dota de poder explicativo pues genera en ella comprensión de la célula que representa y que, como la comprende, la puede modelizar, en esa misma medida, le permite predecir, razonar válidamente en términos biológicos, seguir deducciones biológicamente consistentes, es decir, la dota, también, de poder o de capacidad predictiva ya que puede anticipar consecuencias, puede adelantar comportamientos y/o relaciones partiendo de sus causas u orígenes. Otro fragmento de la entrevista nos da pie, nuevamente, para interpretar sus verbalizaciones en este sentido.

ML : esto es una célula, dices tú y es una imagen.

Yanira : *sí.*

ML : ¿se parece a la imagen que tú me describiste antes de la célula que tú tenías en mente ?

Yanira : *sí pero la míaaa ¡aja ! es como más así tipo dibujo ¡ah !*

ML : la tuya es más tipo dibujo ¿a qué te refieres ?

Yanira : *¡tch ! sí que ... colores y ¡jaja !*

ML : ¡ah ! le has dado colores. ¿Qué más diferencias hay ?

Yanira : *¡mmm ! ... pues el movimiento.*

ML : ¡ah ! claro, es que tú me dijiste que lo veías en movimiento.

Yanira : *sí.*

ML : que veías cosas entrando y saliendo de distintos sitios ... y ésta no, ésta es una imagen estática. Me has dicho : esto es el núcleo, esto es el nucleolo, esto es retículo. ¿Por qué dices tú que esto es núcleo, que esto es nucleolo y que esto es retículo ? ... ¿Ves esas cosas así en tu célula, en tu modelo de célula ?

Yanira : *... así exactamente no pero ... me ss, me suena o pienso o me parece que esa imagen es eso pero no.*

ML : ¿y por qué te parece que esa imagen es eso que me acabas de decir ?

Yanira : *... pues ¡tch ! por lo, por lll, la definición, el concepto que yo tengo deee, deee dónde está el núcleo de la célula, ¡ah ! dónde no, cómo es, contiene al nucleolo y.*

ML : ¿me quieres decir ?

Yanira : *a partir de qué se forma.*

ML : o sea que lo que me estás diciendo es que tú estás es aplicando lo que has aprendido.

Yanira : *sí.*

ML : aplicando lo que has aprendido a esta imagen.

Yanira : *sí ... pero.*

ML : ¡ya ! ... ¿sí ? bueno ¿y cómo has aprendido que esto puede ser un núcleo ? ... ¿o que esto es retículo ?

Yanira : *... ¿que cómo lo he aprendido ? ..., ... pues, ... pues no sé, sabiendo que el núcleo se forma a partir del retículo endoplasmático, que tiene, el retículo endoplasmático rugoso tiene ribosomas adosados y entonces ... lo veo.*

ML : lo ves.

Yanira : *es que no sé cómo.*

ML : ¡ya ! pero vamos a ver, tú me decías que tienes un modelo de célula, cuando yo te lo pedía en imágenes, un modelo de célula en imágenes ¿cómo en dibujos animados ?

Yanira : *... ¡mmm ! pero más complejo, mucho máaas.*

ML : pero más complejo, es decir, estaba teniendo movimiento, estaba teniendo movimiento

Yanira : no sólo eso sino que no es como un dibujo animado, como los dibujos animados de, éstos de *Érase una vez la vida y nada*, sino como más.

ML : no, me refiero, sí, claro, tienes razón, me refiero a que si ccco como la técnica de cine, quiero decir, estás viendo.

Yanira : sí, algo así.

ML : ¡aja !. entonces, ¿en ese modelo que tú tienes de célula estás reflejando tanto su estructura como su funcionamiento ?

Yanira : sssí.

ML : ¿en qué sentido estás reflejando en ese modelo que me describiste antes de célula el funcionamiento ?

Yanira : ... pues en el, cuando me refiero a movimiento, me refiero a su funcionamiento al, al pase de moléculas de un sitio a otro, el, ¡aaahhh ! pues mandándose ..., sí ¡eh ! me imagino que están realizando el metabolismo celular, todos los procesos y.

Su modelo de célula, su idea sobre esta entidad ella misma confiesa que ha variado bastante, que ha evolucionado, que se ha enriquecido a lo largo del curso y hasta se sorprende cuando revisa su material, sus producciones y verbalizaciones en el mismo porque no tenía conciencia de haber experimentado un cambio semejante. Efectivamente, comenzó teniendo en su mente una célula-estructura solamente, célula-estructura simple que volvió a aparecer cuando se le pidió que plasmara en un dibujo la estructura y el funcionamiento celular; pero su patrón mental más generalizado, su modelo mental de célula más frecuente y más ampliamente detectado durante casi todo el curso ha sido un modelo dual, un modelo que atiende por un lado a estructura y por otro a comportamiento, modelo que la ha llevado a ir incorporando nueva información, nuevos contenidos, nuevos conceptos centrados básicamente en la fisiología con dificultad, que ha generado en su mente análogos estructurales intermediarios insuficientemente explicativos y pobremente predictivos como muestran las pobres inferencias y deducciones que ese doble modelo le permitían. Y Yanira acaba el curso con un modelo mental diferente, procesa poco a poco la información buscando comprender esa “cosa” a la que insistentemente se ve obligada a enfrentarse captando con claridad y nitidez toda su complejidad, una entidad que, como se mostraba, puede modelizar, puede pensar en términos dinámicos, en acción, una estructura con la que empezó el curso a la que a lo largo del mismo ha dotado de lo que más la caracteriza, de vida, le ha asignado el significado que realmente la define, sus atributos característicos a través de la incorporación a su primera representación de la forma de procesar la materia y la energía peculiar y explicativa exclusivamente de la célula. Yanira ha conseguido eso, construir un modelo mental comprensivo, una representación que la dota de esa comprensión que le permite establecer relaciones de continuidad, de causa/efecto, ..., si bien es cierto que no amplía en gran medida el número de conceptos que utiliza, que no requiere para ello agrandar mucho el número de “tokens”, de elementos de sus conjuntos de entidades (orgánulos y moléculas) y de propiedades y características de los mismos; genera, eso sí, muchas relaciones entre ellos. Pero Yanira a pesar de que “ve” y “ve” no parece estar operando mentalmente con imágenes, no desarrolla “imaginabilidad”, no trabaja con imágenes sino con el discurso; sus producciones imagísticas son muy limitadas y, de hecho, ella misma lo confiesa (“*pero es que no sé como reflejar el ... funcionamiento*”) y, por el contrario, en el terreno del discurso se mueve con comodidad y fluidez, como hemos tenido ocasión de comprobar.

Las producciones y verbalizaciones de Yanira nos dan pie para concluir que si bien es cierto que operó mentalmente con un modelo dual de la célula durante casi todo el curso, acabó éste pensando sobre la misma y entendiéndola en términos globales, es decir, con lo que hemos categorizado como modelo mental C.

ANEXO N° 20:

MIGUEL

NOMBRE: Miguel

CURSO: COU A

FECHA: 31-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Células, ribosomas, núcleo, ADN, ARN, citoplasma, materia, procesos vitales, energía, reacciones químicas, membrana celular, mitocondrias, enzimas, funciones, nutrientes, desechos.	Célula, membrana, funciones, orgánulos, núcleo, citoplasma, ser vivo, vida, funciones vitales, medio, glucólisis, mitocondrias, energía.	Funciones vitales, ser vivo, nutrición, reproducción, relación, célula, vida, planta, animales, orgánulos, mitocondria, cloroplastos, ribosomas, núcleo, pared celular, membrana nuclear, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, membrana plasmática, mitosis, meiosis.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (¡sólo frases sueltas sin hilo conductor!)	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso (3º) No uso (1º y 2º)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: terrón de azúcar. • proteína: filete. • Lípido: mantequilla. • Ácido nucleico: doble hélice (de libro) • Energía: luz. • Célula: huevo frito. • Reproducción: división del núcleo (¡alguna imagen que no quiere decir!). • Ser vivo: él mismo. • Nutrición: spaguetti.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres (si considero el símil de la fábrica)	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • como un supermercado organizado en el que cada cual tiene una función diferente. Extrabiol./repetición de clase. • Como una fábrica encargada de suministrar energía a todo el cuerpo. Extrabiol./repetición de clase. • ¡ojo! Repite la analogía de la fábrica y la dibuja en la pregunta de funcionamiento: una fábrica a la que llegan unos productos y salen convertidos en otros. Unos son para el consumo de los trabajadores internos, otros son desechados como desperdicios. Además la fábrica está protegida contra los intrusos. Extrabiol./repetición de clase -¡pero ojo! La explicación es autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> • como una fábrica con sus diferentes funciones especializadas que funcionan como un todo. Extrabiol./repetición de clase. • Repite: como una fábrica en cómo funciona; y en la siguiente pregunta también: dibujaría una fábrica ya que es lo más parecido al funcionamiento de una célula, es decir, cada parte realiza su función pero (...) juntos forman una única estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> • célula: huevo frito (en la imagen). • Pág. 6: la célula funcionaría como una fábrica. Extrabiol./repetición de clase.

- Pág. 2 A: le cuesta definir célula; repetición mecánica.
- No genera imágenes sobre procesos relacionados con el funcionamiento de la célula.
- Utiliza ¡su huevo frito! para interpretar la foto de M.E. y considera que se parecen (¡mucho no!).
- Pág. 4: célula: huevo frito.
- Pág. 6 A: haberlo visto en libros le permite deducir.
- Pág. 6 B: reconoce que el huevo frito como estructura es muy simple. Ni siquiera sabe si refleja con el mismo estructura y/o funcionamiento.
- Pág. 7: pregunto por modelo de funcionamiento y habla de estructura.
- Ahora sabe situar mejor las cosas éstas, los orgánulos; dice que su modelo es más amplio.
- No puede hablar un rato de célula; tampoco la dibujaría del todo bien. Su funcionamiento: no sabe; como una fábrica.
- ¡¡su analogía de la fábrica es muy fuerte e insistente!!

NOMBRE: Miguel

CURSO: COU A

FECHA: 31-7-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, animales, vegetales, procariota, eucariota, citoplasma, membrana plasmática, núcleo, citoplasma, membrana plasmática, membrana nuclear, orgánulos, animales, vegetales, mitocondrias, plastos, respiración celular, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora, fase fotoquímica, fase biosintética.	Célula, eucariota, procariota, núcleo, orgánulos, cloroplastos, mitocondrias, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplasmático, liso, rugoso, lípidos, proteínas, membrana plasmática.	Procariota, eucariota, célula, mitosis, meiosis, respiración celular, nutrición, reproducción, nucleótidos, aminoácidos, mitocondrias, núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático, liso, lípidos, rugoso, proteínas, membrana plasmática, ciclo de Krebs, fotosíntesis, energía, vacuolas, ATP, cloroplastos, aparato de Golgi, lisosomas.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (repetición, células en nexos)	Arbitraria (Ej: adjetivos, nada de funcionamiento)	Arbitraria (Ej: adjetivos: liso, rugoso)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas (nexos y proposiciones sin sentido)
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Miguel

CURSO: COU A

FECHA: 31-7-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, lisosomas, vacuolas, mitocondria, respiración, retículo endoplasmático, ribosomas, núcleo.	Materia, seres vivos, células, nutrientes, animales, agua, reacciones, metabolismo, fotosíntesis, organismos, reproducción, información genética, procariotas, eucariotas, vegetales, núcleo, ADN, organización, orgánulos, cloroplastos, vacuolas, principios inmediatos, funciones, ósmosis, turgencia, anaerobios.	Reacciones químicas, células, seres vivos, funciones vitales, cloroplastos, fotosíntesis, energía, vegetales, materia, catabolismo, heterótrofo, glucólisis, ATP, enzima, mitocondrias, orgánulos, crestas mitocondriales, matriz mitocondrial, ADN, nutrientes, organismo.	Retículo endoplasmático, mitocondria, membrana plasmática, lípidos, β -oxidación, crestas mitocondriales, orgánulo, materia, reacciones, organismos, célula, energía, ATP, ciclo de Krebs, dictiosomas, vesículas, proteínas, vida, autosellado.	Coenzima, proteínas, cilios, flagelos, movilidad, organismo, reacciones químicas, energía, antígeno, anticuerpos, información, genes, ADN, transcripción, traducción, ribosomas, linfocitos, células, inmunidad, vacuna, plantas.	NO LO HIZO
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	De libro	De libro	De libro	De libro	
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación (conciso pero con hilo conductor claro)	Simple y pobre (frases sueltas; ej: célula)	Simple y pobre (Ej: fotosíntesis)	Simple y pobre (¿dudo porque parece que hay párrafos más largos!)	Simple y pobre (frases sueltas y cortas)	
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica (Ej: ósmosis)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas ¡POBRES! 10-1-99	Pobres (Ej: preg 5, ¡pero no hace 6 y 7!)	No establecimiento	Pobres (No hace preg. 4)	No establecimiento (hace repetición mecánica) (Ej: preg. 5)	
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (sin embargo: membrana -barrera de seguridad; lisosomas: obreros; mitocondria: fábrica; núcleo: sala de control. Ha usado mucho este símil y es evidente que se encuentra cómodo con él y le da concisión y seguridad cuando explica)	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	

NOMBRE: Miguel

CURSO: COU A

FECHA: 31-7-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Ribosomas, núcleo, ADN, ARN, citoplasma, mitocodrias, enzima, membrana.	<ul style="list-style-type: none"> • no hace el 1º dibujo. • No hace el 2º dibujo. • No nombra nada en el 3º dibujo (vac., m. n. Cl.) Vacuola, mitocondria, núcleo, cloroplasto es lo que tiene en mente.	Ribosomas, vacuola, membrana, cloroplasto, núcleo, lisosoma.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡y si acaso!)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación (¡!)	Identificación
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simple-estático	Simple-estático
	Analogía de la fábrica (¡y la dibuja!) en el 2º dibujo; pero no establece relaciones entre la célula y la fábrica, es decir, no nombra nada de célula.		

NOMBRE: Miguel

CURSO: COU A

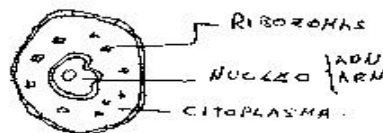
FECHA: 31-7-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Células, ribosomas, núcleo, ADN, ARN, citoplasma, materia, procesos vitales, energía, reacciones químicas, membrana celular, mitocondrias, enzimas, funciones, nutrientes, desechos.
Origen de la vida 18/11/96	Materia, seres vivos, células, nutrientes, animales, agua, reacciones, metabolismo, fotosíntesis, organismos, reproducción, información genética, procariotas, eucariotas, vegetales, núcleo, ADN, organización, orgánulos, cloroplastos, vacuolas, principios inmediatos, funciones, ósmosis, turgencia, anaerobios.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones químicas, células, seres vivos, funciones vitales, cloroplastos, fotosíntesis, energía, vegetales, materia, catabolismo, heterótrofo, glucólisis, ATP, enzima, mitocondrias, orgánulos, crestas mitocondriales, matriz mitocondrial, ADN, nutrientes, organismo.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, animales, vegetales, procariota, eucariota, citoplasma, membrana plasmática, núcleo, citoplasma, membrana plasmática, membrana nuclear, orgánulos, animales, vegetales, mitocondrias, plastos, respiración celular, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora, fase fotoquímica, fase biosintética.
Ex. LÍP. 26/2/97	Retículo endoplasmático, mitocondria, membrana plasmática, lípidos, β -oxidación, crestas mitocondriales, orgánulo, materia, reacciones, organismos, célula, energía, ATP, ciclo de Krebs, dictiosomas, vesículas, proteínas, vida, autosellado.
Ex. PROT. 14/3/97	Coenzima, proteínas, cilios, flagelos, movilidad, organismo, reacciones químicas, energía, antígeno, anticuerpos, información, genes, ADN, transcripción, traducción, ribosomas, linfocitos, células, inmunidad, vacuna, plantas.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, eucariota, procariota, núcleo, orgánulos, cloroplastos, mitocondrias, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplasmático, liso, rugoso, lípidos, proteínas, membrana plasmática.
ex. AN. 12/5/97	
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana, célula, lisosomas, vacuolas, mitocondria, respiración, retículo endoplasmático, ribosomas, núcleo.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Ribosomas, vacuola, membrana, cloroplasto, núcleo, lisosoma.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Procariota, eucariota, célula, mitosis, meiosis, respiración celular, nutrición, reproducción, nucleótidos, aminoácidos, mitocondrias, núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático, liso, lípidos, rugoso, proteínas, membrana plasmática, ciclo de Krebs, fotosíntesis, energía, vacuolas, ATP, cloroplastos, aparato de Golgi, lisosomas.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, membrana, funciones, orgánulos, núcleo, citoplasma, ser vivo, vida, funciones vitales, medio, glucólisis, mitocondrias, energía.
Entrevista. 6/6/97	Funciones vitales, ser vivo, nutrición, reproducción, relación, célula, vida, planta, animales, orgánulos, mitocondria, cloroplastos, ribosomas, núcleo, pared celular, membrana nuclear, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, membrana plasmática, mitosis, meiosis.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Ribosomas, núcleo, citoplasma, membrana celular, mitocondrias.	Núcleo, orgánulos cloroplastos, vacuolas.	Cloroplastos, mitocondrias, orgánulos, crestas mitocondrial es, matriz mitocondrial.	Citoplasma, membrana plasmática, núcleo, membrana nuclear, orgánulos, mitocondrias, plastos.	Reticulo endoplasmático, mitocondria, membrana plasmática, crestas mitocondrial es, orgánulo, dictiosoma.	Cilios, flagelos, ribosomas.	Núcleo, orgánulos, cloroplastos, mitocondrias, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplasmático, membrana plasmática.	-	Membrana, lisosomas, vacuola, mitocondria, retículo endoplasmático, ribosomas, núcleo.	Ribosomas, vacuola, membrana, cloroplasto, núcleo, lisosoma.	Mitocondrias, núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático, membrana plasmática, vacuolas, cloroplastos aparato de Golgi, lisosomas.	Membrana, orgánulos, núcleo, citoplasma, mitocondrias.	Orgánulos, mitocondrias, cloroplastos, ribosomas, núcleo, pared celular, membrana nuclear, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, membrana plasmática.	AG3,cilio1.ct pl3,clpt6,crm it2,dictiosom a1,fgl1,liss3, matrizmit1,m mbr9,mmbrc el1,mmbnruc l2,mmbprplas m5,mitc9,núcl e19,org7,pared cel1,RE5,rib 7.
Moléculas	ADN, ARN, enzimas, nutrientes.	Nutrientes, ADN, principios inmediatos.	ATP, enzima, ADN, nutrientes.	-	Lípidos, ATP, proteínas.	Coenzima, proteínas, genes, ADN.	Lípidos, proteínas.	-	-	-	Nucleótidos, aminoácidos, lípidos, proteínas, ATP.	-	-	ADN4,aa1.A RN1,ATP3,c oenz1,enz3.g en1,líp3,nucl eótido1,nutri ente3,PI1,pro t4.
PROCESOS Mts.	Desechos.	Metabolismo, fotosíntesis, anaerobios.	Fotosíntesis, catabolismo, heterótrofo, glucólisis.	Respiración celular, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora, fase fotoquímica, fase biosintética.	β-oxidación, ciclo de Krebs.	Transcripción, traducción.	-	-	Respiración.	-	Respiración celular, ciclo de Krebs, fotosíntesis.	Glucólisis.	-	Anarb1,â-ox1,cat1,cKrebs3,desecho1,ftst4,glucólisis3,heteróf1,mtb1,resp3,respcel2,síntesis4,traduc1,t ranscp1.
Otros	Procesos vitales, funciones.	Reproducción, funciones, ósmosis, turgencia.	Funciones vitales.	-	-	-	-	-	-	-	Mitosis, meiosis, nutrición, reproducción.	Funciones vitales.	Funciones vitales, nutrición, reproducción, relación, mitosis, meiosis.	FV3,meiosis 2,mitosis2,nu t2,ósmosis1,r el1,rep3,turg encia1.
CONCEPs GRALES:	Células, materia, energía, reacciones químicas.	Materia, seres vivos, células, animales, reacciones, organismos, información genética, procariotas,	Reacciones químicas, células, seres vivos, energía, vegetales, materia, organismo.	Célula, animales, vegetales, procariota, eucariota.	Materia, reacciones, organismos, célula, energía, vida.	Movilidad, organismo, reacciones químicas, energía, información, células, plantas.	Célula, eucariota, procariota.	-	Célula.	-	Procariota, eucariota, célula, energía.	Célula, ser vivo, vida, medio, energía.	Ser vivo, célula, vida, planta, animales.	Ani3,célula1 1,energía6,eu cart4,genétic a1,informaci ón2,infgen1, materia4,med io1,organism o4,organizaci ón1.planta2,p

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
		eucariotas, vegetales, organización.												rocart4, reac5, reacq3, svv4, vgt3, vida3.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Autosellado.	Antígeno, antiuerpos, linfocitos, vacuna, inmunidad.	-	-	-	-	-	-	-	Antígeno1, au tosell1, inmun idad1, linfocit o1, vacuna1.
MODELO	A	A	A	A	A	A	A	-	A	A	A	A	A	A

A juzgar por las producciones y verbalizaciones que se han obtenido de Miguel a lo largo del curso, del análisis e interpretación que se hace de las mismas, se puede inferir que ha mantenido en todo él una representación extraordinariamente estable y extremadamente resistente a su modificación, cambio o evolución. Este alumno opera cognitivamente con el mismo modelo mental de célula a lo largo de los ocho meses de trabajo desarrollado con dicho contenido, un contenido, una nueva información, un nuevo conjunto de conceptos que Miguel no incorpora a su estructura conceptual, a su red cognitiva y que, consecuentemente, no asimila, un nuevo contenido que, como es lógico, no puede usar en sus explicaciones y no facilita sus predicciones ya que no lo ancla o encaja en su representación, no adquiere significado para él. La valoración de conjunto de los conceptos que utiliza en los diferentes registros obtenidos de este joven da pie para la conclusión anterior; en ella puede observarse la gran limitación en los conceptos que usa, su escasa utilización y la casi nula incorporación o aumento en los mismos. Miguel comienza, mantiene y termina su paso por el contenido celular con el mismo modelo, como se comentaba, una idea de célula casi exclusivamente estructural; no le atribuye más significado al concepto célula que el de una estructura que, a su vez, está formada por otras más pequeñas, por otros elementos, conjunto este que sí que maneja con bastantes “tokens” si atendemos a los orgánulos constituyentes pero que ni siquiera en términos moleculares es reconocido y se ve ampliado. Pero la célula como entidad biológica no es sólo una estructura ni es eso lo que la imprime de su significado, no son estructurales sus atributos característicos sino que lo son, precisamente, aquéllos que posibilitan su carácter de vida, su dinámica, su comportamiento, su forma de actuar, de procesar la materia y la energía, los procesos que realiza que, en definitiva, tienen su razón de ser en las relaciones e interacciones que se establecen entre orgánulos y moléculas, gracias a o como consecuencia de las propiedades y características de los mismos. Y son estos dos conjuntos (propiedades y características de las entidades, por una parte, y relaciones e interacciones entre ellas, por otra) los que, por lo que se ve, Miguel no ha construido en su representación de esta compleja entidad que es una célula, en su análogo estructural como intermediario que le posibilite su comprensión y, por ello, opera mentalmente con una célula-estructura, no pudiendo entender, no comprendiendo lo que realmente define a la célula que es su manera de actuar; para este alumno el comportamiento, los procesos, constituye una gran cantidad de indeterminaciones que su modelo sólo estructural de célula no puede procesar y que, por ello, no encaja en el mismo, no los asimila, no les asigna significado, ya que para él no es relevante. De este modo se justifica la evolución que siguen a lo largo del curso los conceptos relativos a los procesos celulares en las producciones y verbalizaciones de Miguel. Su célula es una entidad muy simple cuando se le pide en el cuestionario inicial (22-10-96) cómo representarla y cómo hacer un dibujo de la misma.



Él sabe que tiene un comportamiento característico, que todo eso que es la unidad de vida funciona de una manera determinada pero no construye un modelo para explicarlo y recurre a repetir mecánicamente algunas analogías y frases discutidas y comentadas en clase.

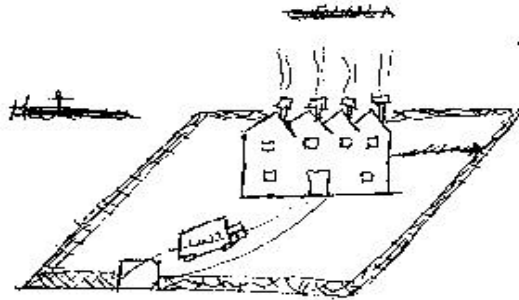
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona (una célula y sólo con tres frases)?
- *“Como un supermercado, organizado, en el que cada cual tiene una función diferente.*
- *Como una fábrica, encargada de suministrar energía a todo el cuerpo.*

- *Mediante reacciones químicas”.*

Y lleva una de esas analogías hasta sus últimas consecuencias: ¡la fábrica!, una idea que repite insistentemente a lo largo del curso cada vez que se encuentra en situación de comentar algo relativo al funcionamiento.

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?

“Una fábrica a la que llegan unos productos y salen convertidos en otros. Unos son para el consumo de los trabajadores internos, otros son desechados como desperdicios. Además, la fábrica está protegida contra los intrusos”.



De este modo es evidente que sus deducciones son muy pobres si consideramos deducción el establecimiento de dichas analogías ya que, cuanto menos, establece alguna correlación. Razona en términos biológicos con pobreza y, en todo caso, rota su modelo sólo estructural atribuyendo a esta entidad como único significado fisiológico las funciones vitales.

- ¹¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ²¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ³¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?
- “3: una membrana celular, unas mitocondrias, enzimas, ribosomas y casi siempre un núcleo.
- 2: una membrana celular.
- 1: poder cumplir las tres funciones fundamentales para poder seguir viva por sí sola”

De hecho, cuando se le pide que explique el funcionamiento que cree que tiene una célula, Miguel es muy parco en explicaciones biológicamente consistentes, usando frases sueltas, ideas deslavazadas sin conexión entre ellas.

- “Los nutrientes llegan, después de haber pasado del aparato digestivo, al circulatorio, a la célula. La célula coge estos nutrientes y los transforman, o bien en materia propia, o en desechos. Esta transformación se realiza mediante reacciones químicas, estos nutrientes transformados, también se utilizan para obtener energía.
- La célula se protege gracias a un sistema de defensa.
- La célula se reproduce”.

Cuando hace el examen de Origen de la Vida (18-11-96) este alumno usa pocos conceptos tanto estructurales (orgánulos y moléculas) como funcionales (tanto metabólicos como de otra naturaleza) pero al menos introduce algunos de éstos últimos aunque sólo sea de manera memorística y usando un lenguaje libresco que no articula en un discurso hilvanado. Su explicación de célula en esta ocasión es la siguiente:

“Es la unidad anatómica y fisiológica, de todos los seres vivos, puesto que todos los organismos, están compuestos de una o varias células. Es la unidad de origen, esto es, toda célula proviene de otra anterior a ella, por reproducción de la misma. Contiene la información genética, necesaria para el mantenimiento y funcionamiento de la célula y para su reproducción. Es donde tienen lugar todas las reacciones químicas del metabolismo, de los seres vivos.

Hay dos tipos de células, procariotas y eucariotas, éstas últimas, además pueden ser animales o vegetales. Las células procariotas, se caracterizan porque carecen de un núcleo diferenciado, y su ADN, se encuentra suelto en la región central de la célula. Sin embargo la célula eucariota presenta un núcleo diferenciado y un ADN, en el interior del núcleo, mejor empaquetado, gracias a las histonas, además presenta un mayor grado de organización. La célula eucariota vegetal, posee casi los mismos orgánulos que la animal, sólo que ésta posee además, cloroplastos y vacuolas, no presentes en las células animales”.

Establece alguna inferencia ante una pregunta que cuestiona la ósmosis pero su capacidad de razonamiento biológico, su poder predictivo es limitado hasta el extremo de no tener respuesta alguna frente a dos preguntas que lo requieren.

- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.
 - ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría? ¿Tiene algún fundamento biológico?
 - ¿Qué procesos biológicos no ocurrirían si nuestro organismo no tuviera sales minerales?
- Teniendo en cuenta la observación de que muchos organismos vivientes se encuentran sobre todo cerca o en el interior de sustancias orgánicas en descomposición (...) algunos científicos han formulado la hipótesis de que estos organismos se originan espontáneamente a partir de esas sustancias. Para verificar experimentalmente tal hipótesis se puede pensar en tratar de modos diferentes cuatro series de probetas conteniendo caldo de carne turbio por la presencia de microorganismos vivos y luego compararlas, haciendo un total de ocho grupos de observaciones. En la tabla siguiente se muestran los tipos de tratamiento y se indica el aspecto que presenta el caldo en las probetas, después de una hora y de diez días de haber realizado el tratamiento, respectivamente. Las ocho casillas numeradas corresponden a las ocho observaciones. (Bandiera y col., Enseñanza de las Ciencias, 1995).

	1 hora	10 días
Probetas cubiertas con una gasa : calentamiento durante 40 min. a 60°C.	1.- turbio	2.- turbio
Probetas cubiertas con una gasa : calentamiento durante 40 min. a 100°C	3.- claro	4.- turbio
Probetas selladas con cera : calentamiento durante 40 min. a 60°C.	5.- turbio	6.- turbio
Probetas selladas con cera :calentamiento durante 40 min. a 100°C.	7.- claro	8.- claro

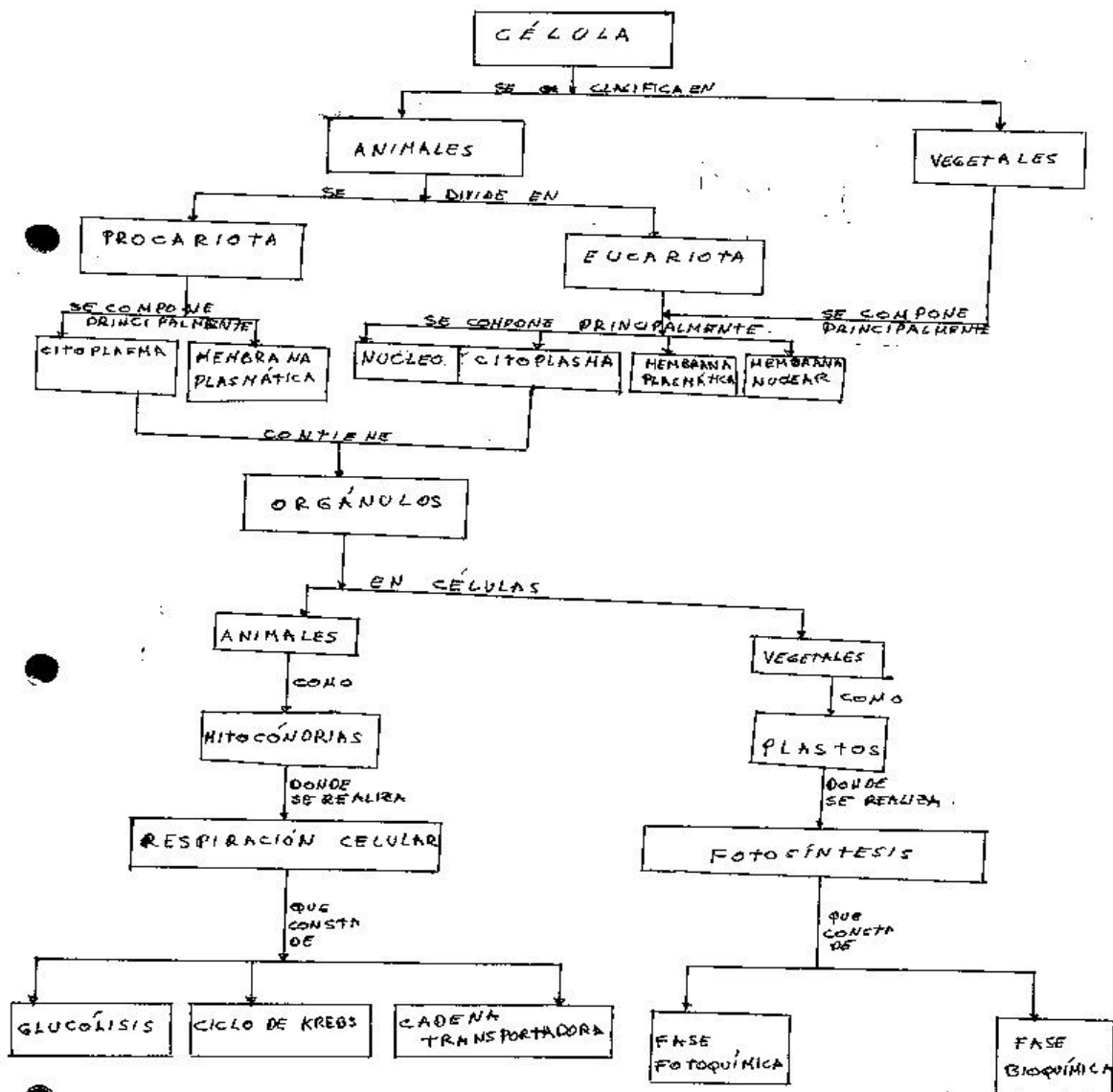
- ¿Qué se puede deducir de estos datos ?.
- Plantea al menos dos afirmaciones relativas a estos datos y expresa si están demostradas o no.

En el examen de Glúcidos (9-12-96) su capacidad predictiva es aún más limitada no observándose establecimiento alguno de inferencias y de deducciones consistentes. Su comprensión de la compleja entidad célula es muy baja detectándose que tiene serios problemas para explicar el funcionamiento energético que la define y caracteriza, contenido específico incluido en este ejercicio. Un ejemplo lo tenemos en lo que hace ante la pregunta:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.

- “Porque no le sale rentable, ya que gastaría más energía, que la obtenida.
- No, las células vegetales también respira(n), la fotosíntesis, es un proceso para sintetizar materia orgánica partiendo de la materia inorgánica, aprovechando la luz solar, y en la cual se libera oxígeno como producto residual.
- Sí, el catabolismo es un medio de op(b)tención de energía mediante la ruptura de enlace, y los heterótrofo(s), lo realizan, un ejemplo de ello es la glucólisis.
- Sí, ya que ella misma la puede sintetizar partiendo de otras sustancias”.

Miguel no es capaz de “ver” esa complejidad, no percibe el significado real de una célula, recurriendo a repetir mecánicamente algunas frases sueltas para dar cuenta de la demanda de explicar el metabolismo que no son más que proposiciones aisladas que no es capaz de interpretar a la luz de un modelo explicativo de ese funcionamiento y que, consecuentemente, no le permite establecer esas deducciones que suponen, entre otras cosas, predecir, anticipar ese comportamiento celular, ese conjunto de relaciones e interacciones que lo justifican. Su primer mapa conceptual (9-1-97) es otra muestra de ello; repite conceptos, establece relaciones simples que no tienen significado, distribuye de forma caótica, ... ; además, se observan algunos errores de consideración como, por ejemplo, células animales procariotas o, en su explicación, una ausencia total de comprensión del metabolismo energético.



“La célula puede ser de tipo animal o vegetal, a su vez la animal puede ser eucariota, si posee núcleo, o procariota, si no lo posee. Tanto las células animales como vegetales, constan principalmente de un núcleo, una membrana nuclear, el citoplasma y la membrana plasmática. En el citoplasma, se encuentran los orgánulos, como pueden ser, en las células animales las mitocondrias, que son las encargadas de realizar la respiración celular, que consta de glucólisis, ciclo de Krebs y cadena transportadora, y en las células vegetales los plastos encargados de la fotosíntesis, que consta de la fase fotoquímica y la fase biosintética”.

En el examen de Lípidos (826-2-97) explica el concepto célula en los siguientes términos:

“Es la unidad mínima de la materia viva capaz de existir por sí sola. Es donde se producen las reacciones necesarias para el funcionamiento de los organismos vivos, estas reacciones se producen a su vez en unos orgánulos que posee la célula. La célula está considerada como el nivel de organización a partir del cual hay vida”

Es una explicación prototípica de los libros de texto que no se corresponde con el contenido trabajado hasta este momento; en todo caso, advierte que hay reacciones en orgánulos, lo que puede entenderse como un indicio de que piensa ¡levemente! en estructura y en funcionamiento. En el conjunto del ejercicio, Miguel no hace uso más que de β -oxidación y ciclo de Krebs como conceptos funcionales y, sin embargo, utiliza con bastante profusión conceptos organulares. Sigue mostrando problemas en el establecimiento de inferencias y de deducciones y en la interpretación dejando nuevamente sin respuesta problemas y cuestiones planteadas al efecto, si bien intuye algunas tímidas y pobres correlaciones como puede verse en lo que contesta ante la pregunta:

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

“Sí. Las membranas de la piel están constituidas por lípidos y proteínas, los lípidos le dan a esta membrana la posibilidad de ser semipermeable, manteniendo dentro de la membrana las sustancias necesarias, para mantener firme el aspecto general de la piel, cuando estas membranas pierden lípidos pueden autosellarse automáticamente pero si la pérdida es muy grande este autosellado producirá un arrugamiento y desaparecerá esa piel firme. Por lo tanto si mediante las cremas se ayuda a retardar este efecto, se podrán detener las arrugas.

La forma de comprobar esto sería simplemente cogiendo y comparando dos mujeres de sesenta años cada una o cincuenta, con aproximadamente el mismo peso, y estatura, y darle a una de ellas crema para la cara y a otra no, a lo largo del tiempo se comprobarían los efectos.

Otra actividad sería coger y analizar dos muestras de tejido y comprobar en una de ellas, qué ocurre cuando pierden parte de los lípidos en las membranas que los forman”.

El examen de Proteínas (14-3-97) no supone para Miguel la construcción de un modelo diferente; sigue operando con la misma idea de célula, una idea, un modelo que limita en extremo su capacidad explicativa y su poder predictivo, que no lo dota de comprensión alguna sobre esta compleja unidad de la materia viva que justifica el comportamiento y la razón de ser de los seres vivos, de él mismo como tal. Cuando se le

pregunta qué pasaría con la estructura y con el funcionamiento celular si no existieran los enzimas, responde:

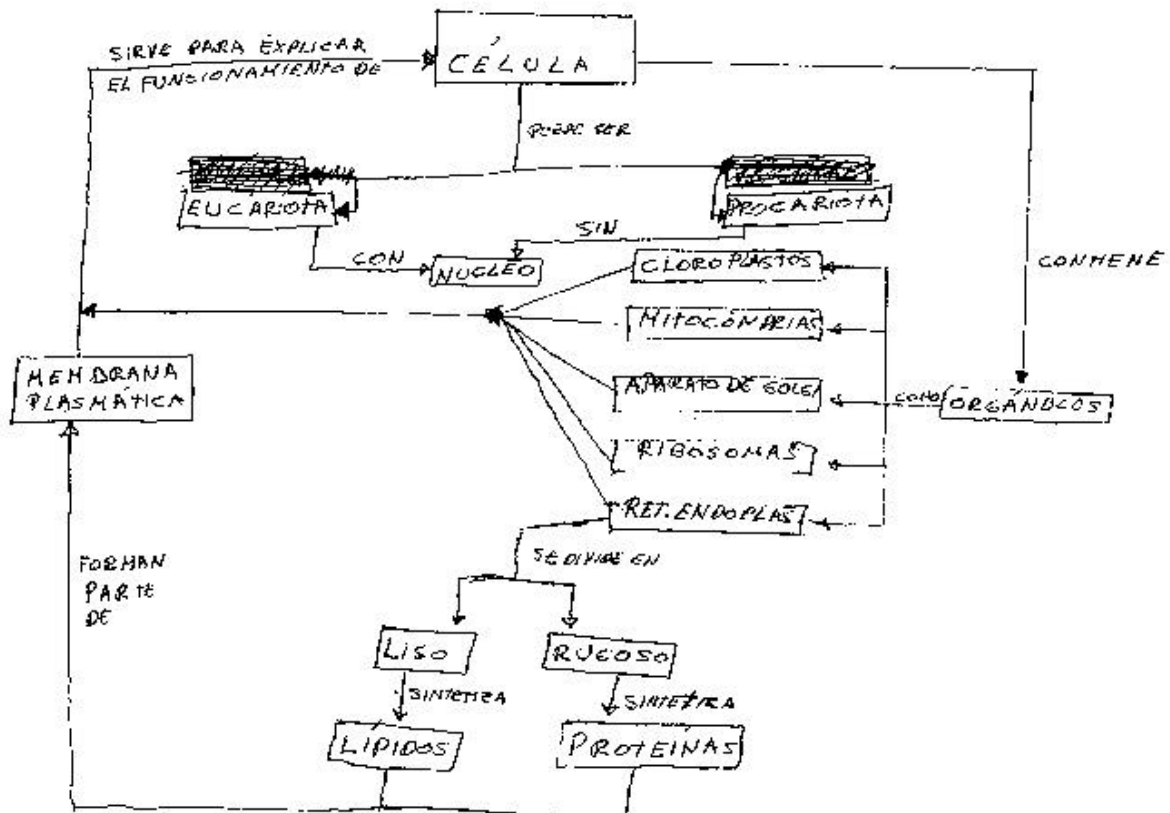
“Arderían por completo. Debido a que las reacciones químicas, sin la prec(s)ens(c)ia de enzimas, se producirían a temperaturas demac(s)iado altas para nuestro organismo”.

¿Es ésta una respuesta suficientemente explicativa? ¿Podría entenderse como la consecuencia de un modelo global, comprensivo de la complejidad celular? No parece que sea éste el caso sobre todo si tenemos en cuenta que no es capaz de aplicar razonadamente este contenido ante un problema que lo requiere en el que lo que hace es repetir mecánicamente información teórica.

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 °; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él!. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.
- *“Gracias a la acción de los enzimas biomoleculares, que son capaces de realizar las reacciones químicas disminuyendo la energía de activación, que es la energía necesaria para que la reacción se ponga en marcha.*
- *La intervención de los enzimas en las reacciones químicas disminuye la energía de activación.*
- *Existen catalizador no bioquímicos, como por ejemplo el platino.*
- *Para demostrar la hipótesis, se podría comprobar una reacción con la presencia o sin ella de este catalizador. Y así constructando las energía necesarias en ambas reacciones se comprobaría si la hipótesis es verdadera o no”.*

Obsérvese que ni en un caso ni en otro, en los dos datos anteriores, hay ninguna referencia ni a estructuras ni a procesos celulares. ¿Tiene algo que ver lo que dice Miguel con la célula? ¿Tiene algo que ver con “su” célula? Lo más probable es que no ya que en ella estas cosas no ocurre; de hecho, en este examen usa muy pocos conceptos específicamente celulares, sean de la naturaleza que sean, recurriendo básicamente a conceptos generales. Podemos inferir, pues, desde fuera, por supuesto, que cuando este alumno piensa en la célula, lo hace sólo en términos estructurales y que esa representación es tremendamente resistente hasta el extremo de que no incorpora absolutamente nada relativo a su funcionamiento con lo que opera, como se ha comentado, proposicionalmente y los ejemplos anteriores son buena prueba de ello. En este sentido, su segundo mapa conceptual (1-4-97) no deja ningún margen para la duda al respecto; se solicita para que exprese lo que se sabe sobre la estructura y el funcionamiento celular con quince conceptos solamente y Miguel ¡sólo selecciona conceptos estructurales!. Para él no existe el funcionamiento, no ha supuesto nada el estudio del metabolismo celular, por ejemplo, ni tan siquiera ha recuperado las tan manidas funciones vitales. Desde esta perspectiva, ha sido arbitrario, incluyendo incluso

adjetivos, observándose además una ausencia de significados biológicos aceptables pues plasma básicamente proposiciones sin sentido utilizando nexos muy simples.

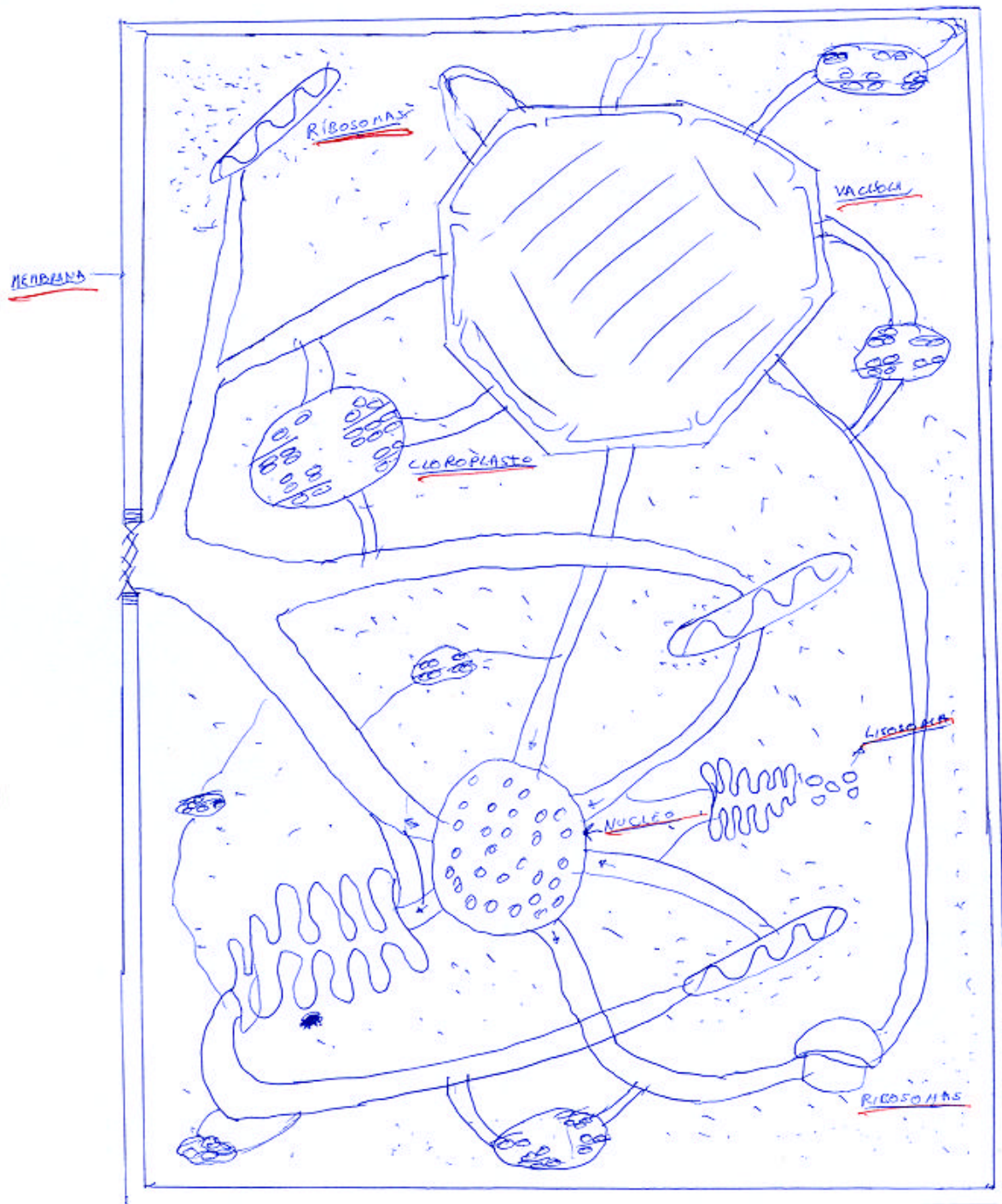


El siguiente registro que obtenemos de este estudiante es la interpretación de un dibujo que simula la célula (13-5-97), ya que no hace el examen de Ácidos Nucleicos. La demanda ante el mismo es explicar en qué medida refleja la estructura y el funcionamiento de una célula razonando su respuesta. Es el único registro de todo el curso en el que parece que Miguel piensa en otros términos en la célula; su respuesta no es producto sólo de una célula-estructura sino que hay ciertos y muy tímidos indicios de que imprime a las distintas partes de esa célula un comportamiento determinado a través de los verbos que usa pero, como se verá, esto es muy pobre, pues casi se limita a describir lo que ve en el dibujo. De hecho, sólo usa como concepto fisiológico “respiración” y no comenta nada relativo a su finalidad.

“Lo explicaría bien, ya que la membrana de la célula actúa como una barrera de seguridad que sólo permite el paso a aquellas sustancias autorizadas.

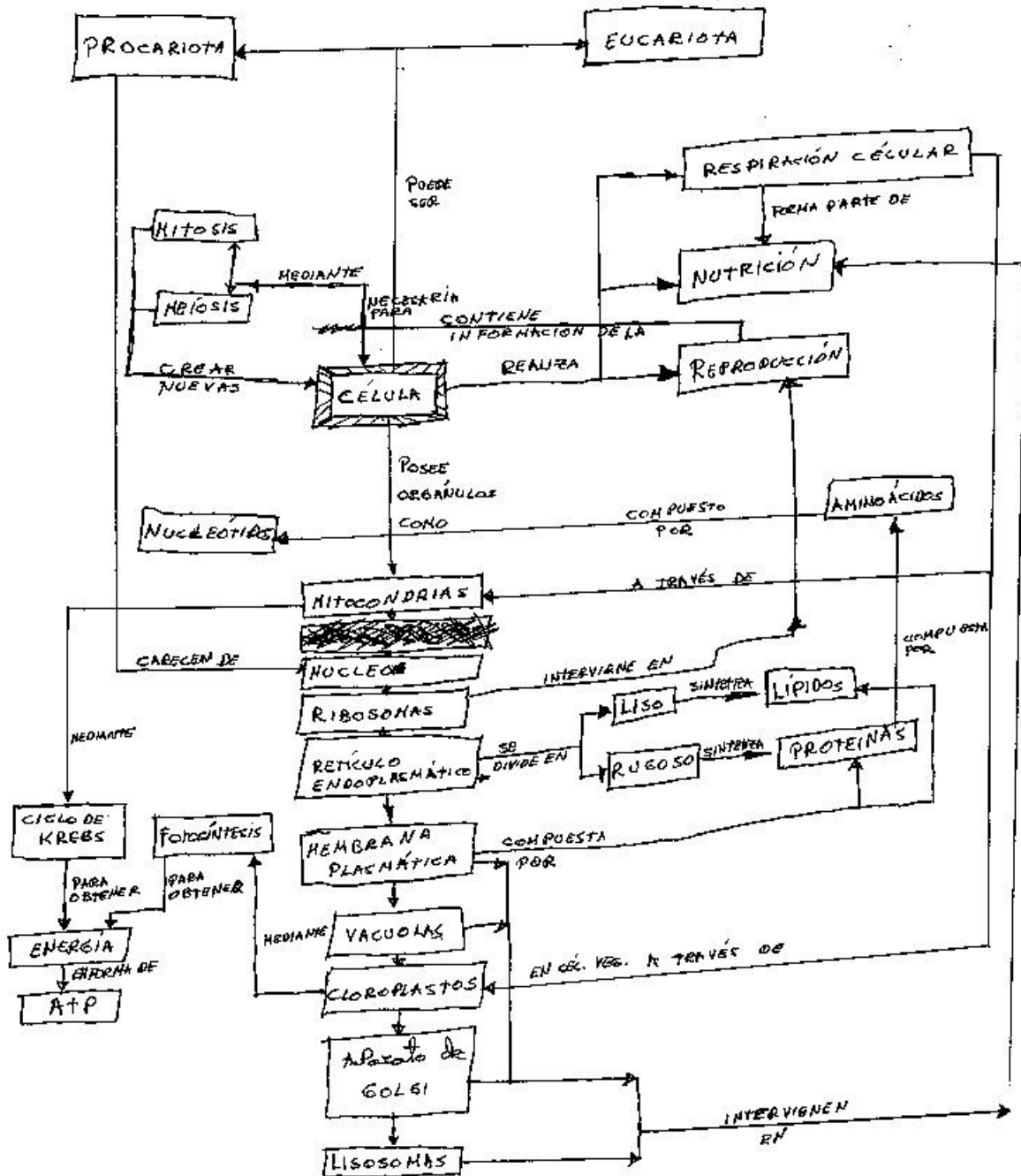
Los lisosomas actuarían como obreros que destruyen las sustancias que llegan a las células. En las vacuolas digestivas, se llevaría a cabo un proceso de selección de las sustancias que han llegado, luego en la mitocondria se produciría la respiración de la célula, es decir, de la fábrica. Y en el retículo endoplasmático se fabricarían y en los ribosomas empaquetarían las sustancias que una vez elaboradas pasarían entre otros sitios a las vacuolas de almacenamiento. Y el núcleo representaría la sala de control de dicha fábrica”.

Su dibujo para plasmar la estructura y el funcionamiento de una célula (19-5-97) es otro dato más que no deja ningún margen para la duda. ¿Cabría pensar ante el mismo que Miguel representa en su mente otra cosa que no sea su estructura? ¿Dónde está en este diseño el funcionamiento? ¡Se demanda explícitamente! Podemos admitir, en todo caso, que es un diseño, cuanto menos, más acorde con el mundo real –célula- que pretende representar.

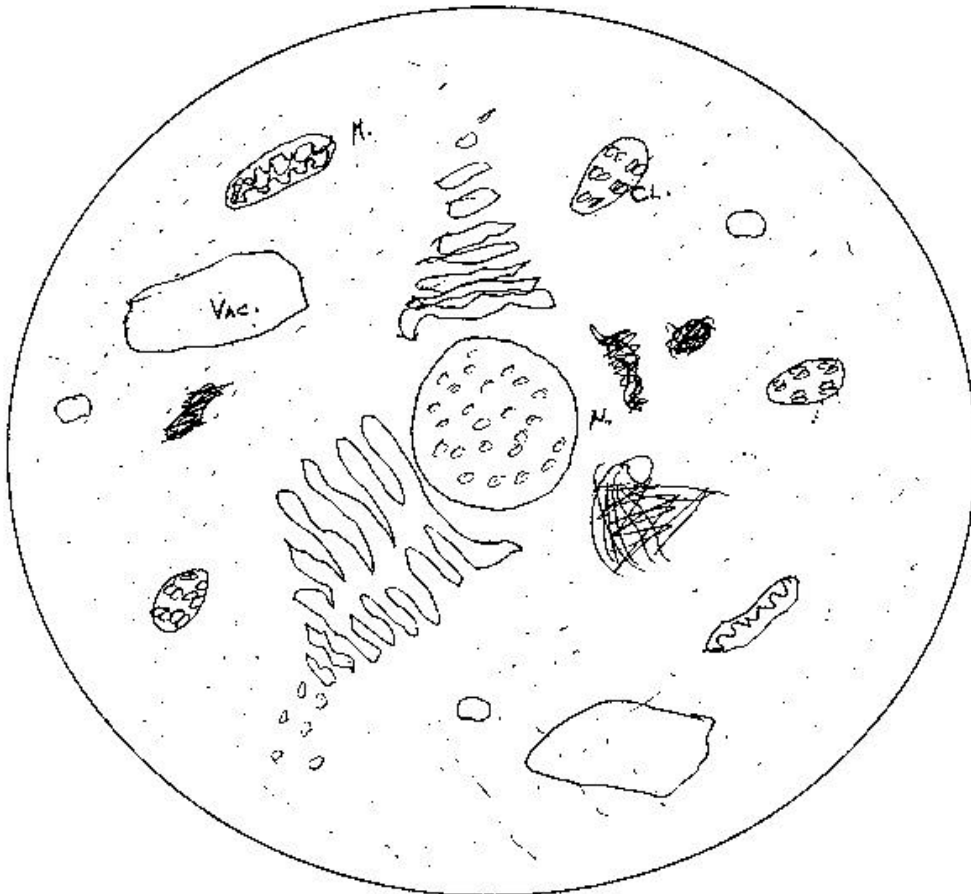


Lógicamente, este modelo sólo estructural de la célula no lo dota de comprensión sobre la misma, no le permite captar su significado real, no puede entenderla porque no lo dota de vida (-de las reacciones que la soportan-), no modela cómo se comporta y eso lo lleva, como consecuencia, a cometer errores biológicos de consideración como, por ejemplo: respiración celular en los cloroplastos (en células vegetales), porque no tiene un modelo global de esa cosa llamada célula que se comporta como tal (¡es eso lo que la define!) a la luz del que interpretar los procesos que sustentan dicho comportamiento. Si bien es cierto que los usa en su tercer mapa conceptual (21-5-97), esos conceptos funcionales (metabólicos y de otra índole) no tienen significado para Miguel, no tienen

sentido para él, no aportan nada a su forma de pensar y de ver la célula; cuando hace rotar su modelo en esta ocasión, nuevamente se trasluce una célula-estructura que ocupa, de hecho, el eje central del mapa conceptual que elabora.



Miguel representa la célula en su mente, sólo su estructura pero la representa y la externaliza como se ha mostrado. Y esa estructura ¿es la misma desde el principio de curso o ha cambiado? Parecía intuirse en el último dibujo una cierta evolución. Cuando en el cuestionario final (29-5-97) se le pregunta qué incluiría dentro de un círculo si éste fuera una célula, en lo que hace podemos ver que efectivamente hay una diferencia con respecto a aquel “huevo frito” de octubre; podría admitirse que, como mínimo, esa estructura es bastante más aceptable, más ajustada a la realidad que pretende representar desde el punto de vista biológico.



Pero ¿cómo cree Miguel que funciona esa cosa a la que llama célula?

“Las sustancias necesarias para el funcionamiento y mantenimiento de las células, entran a través de la membrana plasmática y pasan al interior, donde se encuentran las sustancias disueltas en el citoplasma.

La célula coge las moléculas de glucosa y las transforma mediante la glucólisis y otros procesos a través de las mitocondrias y otros orgánulos y obtiene energía.

Esta energía a su vez es aprovechada para obtener más energía y para realizar otras funciones que le sirven para mantener sus funciones vitales”.

Obsérvese que es muy similar a lo que contestó en el mismo espacio y ante la misma pregunta en el cuestionario inicial; la única diferencia es que usa dos o tres conceptos específicos pero nada más. Esta respuesta y su comparación con la de octubre es un dato que corrobora la ausencia de incorporación significativa del contenido, de los conceptos que definen y explican el comportamiento celular lo que, como es lógico, ha condicionado hasta el extremo su capacidad explicativa al respecto, como ha quedado de manifiesto, y, consecuentemente también, su poder predictivo al no poder anticipar consecuencias de determinados procesos y acciones pues no los ha asimilado. En estas condiciones, con esa representación, recurre a usar esas proposiciones aisladas que repite memorísticamente y que no tienen sentido para él porque no las puede interpretar a la luz o en el marco de un modelo mental que le permita su comprensión, no son relevantes para él, o a echar mano de alguna analogía que, una vez planteada en clase, le resultó eficaz para comunicar el funcionamiento que cree que tiene esa entidad viva que se ve obligado a representar. En este mismo cuestionario usa la fábrica en dos ocasiones.

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

- “Como una fábrica, con sus diferentes funciones y especializaciones, que funciona como un todo.
- Con una membrana los diferentes orgánulos, el núcleo y las sustancias disueltas en el citoplasma”.
- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?
- “Dibujaría una fábrica, ya que es lo más parecido al funcionamiento de una célula, es decir cada parte realiza su función, pero todos juntos forman una única estructura”.

¿Qué aporta la entrevista que se le hace a Miguel al final del curso (6-6-97)? ¿Qué información nos ofrece sobre la forma de pensar en la célula? Con ella parecen corroborarse las inferencias y deducciones que sobre su modelo mental de célula se han hecho. En un contexto distendido y una vez calificado, este alumno presenta problemas para definir y explicar qué es una célula recurriendo a repetición mecánica; no genera imágenes sobre los procesos relacionados con el funcionamiento celular lo que, por otra parte, puede ser simplemente ausencia de “imaginabilidad” y no tanto ausencia de un modelo explicativo de la entidad célula en toda su complejidad; pero en este caso es precisamente eso lo que no se ha generado y prueba de ello es que al preguntar por un modelo de funcionamiento, Miguel habla ¡otra vez! de estructura. No es sólo que no imagina los procesos, que no los visualiza, es que no los modela. Veamos un largo extracto de su entrevista que justifica estos comentarios.

Miguel : de una célula ¿no ?

ML : de una célula. ... ¿Esta imagen de la célula se parece en algo a la imagen de la célula que tú me describiste antes ?

Miguel : ... ¡mmm ! esto aquí del centro puede ser lo de laaa, ¡ahj ! a ver si lo digo, lo de la yema.

ML : la yema.

Miguel : y esto por aquí fuera, la clara hasta llegar a la ... pared celular.

ML : la, la clara sería lo de aquí fuera, ¿es decir que esta imagen sí se parece mucho a la imagen que tú tuviste de célula ?

Miguel : mucho no.

ML : mucho no ; entonces ¿qué, ¿en qué se diferencia ?

Miguel : hombre, aquí se aprecia laaa, los distintos que tiene la célula.

ML : aquí se aprecian los distintos orgánulos que tiene la célula. ... Pero esto es una célula.

Miguel : yo creo que sí.

ML : ¿y lo que tú viste era una célula ?

Miguel : sí.

ML : sí. ... ¡Aaahhh ! ¿me puedes decir, en voz alta, qué ves ? interpretar esto, deducir lo que puedas o lo que, sí, lo que quieras, lo que puedas deducir e interpretar de esto pero en voz alta.

Miguel : en voz alta.

ML : sí. ... Alta, muy alta porque no te estoy oyendo.

Miguel : ¡jejeje ! ¡eh !, no sé, parece una célula ... animal.

ML : parece una célula animal.

Miguel : porque no se, no distingo yo dónde está la pared, porque no la veo [...]

ML : ¡aja !

Miguel : por aquí se ven orgánulos, mitocondrias yyy creo que eso sea una mitocondria aquí.

ML : crees que esto sea una mitocondria.

Miguel : sí, es que no lo veo muy bien, no sé qué es [...] el núcleo ... que no sé si será esto pero esto es queee, esto será la ... la pared nuclear ésa.

ML : la membrana.

Miguel : la membrana nuclear.

ML : ¡ya !

Miguel : la membrana nuclear. Esto no sé qué es ... ni idea, el retículo endoplasmático.

ML : me, me estás diciendo.

Miguel : aparato de Golgi.

ML : sí, me estás diciendo [Miguel dice algo al mismo tiempo que no entiendo] mira, mira, todo esto efectivamente es retículo endoplasmático, esto efectivamente es mitocondria ¿Qué es lo que te ha hecho deducir que esto es mitocondria, que esto es retículo, que esto es el núcleo ? ¿qué te ha hecho deducir eso ?

Miguel : ¡jeehhh ! haberlo visto en libros y haberlo visto en [...] ¡tch ! y saber que del núcleo sale retículo endoplasmático y

ML : ¡mj ! pero me decías que está imagen es distinta a la que tú tienes.

Miguel : ¡mj !

ML : se parece pero es distinta.

Miguel : claro, porque aquí se aprecian más, más

ML : se aprecian más cosas. ¿Quieres decir con eso que tu modelo de célula o tu imagen de célula se quedó pobre ?

Miguel : no.

ML : no.

Miguel : esto está visto con un microscopio y yo, como dice usted, puse una imagen y yo una imagen no la puedo ver ... sino ... , creo.

ML : sí.

Miguel : o sea que, no, tampoco [...] mucho laa foto que usted nos enseñó.

ML : ¡mj ! ... ¡Aaahhh ! vamos a ver, ¿la imagen que tú tienes de célula responde más a su estructura o a su funcionamiento ?

Miguel : ..., ... no sé, sería, laa ¿la que le dije del huevo fri, del huevo ? ... no sé si será, es que la estructura sería muy simple

ML : ¡ah ! me estás diciendo que ¡eh ! la estructura no es tan simple como el huevo frito.

Miguel : no.

ML : no. ¿Pero refleja, en todo caso, más estructura que funcionamiento o más funcionamiento que estructura ?

Miguel : ... no sé.

ML : no sabes. Si yo te digo : ¡mmm ! ahora imagínate alguna forma de plasmar el funcionamiento de un célula. ¿me describes la imagen ?

Miguel : otra vez lo de la cel. lo de la fábrica, ... una fábrica como, la célula funcionaría como una fábrica.

ML : la célula funcionaría como una fábrica, es la imagen que tienes en la cabeza. ... ¡aja ! ¡aaahhh ! vamos a ver, ... a nosotros lo que nos interesa es precisamente eso, ver qué modelos son los que estamos teniendo de célula y si esos modelos ¡eh ! son científicamente aceptables, son científicamente coherentes, estructurados o correctos. ¿Ha habido algún cambio desde principio de curso hasta ahora en relación con ese modelo que tienes tú de célula ?

Miguel : ¡tch ! yo creo que sí, no sé, ahoraaa ... ¿sabes situar mejor las cosas estas, los orgánulos.

ML : sabes situar mejor los orgánulos. ¿Sabes explicar mejor el funcionamiento ? ... ¿Tienes algún modelo distinto del funcionamiento ?

Miguel : sí pero...

ML : ¿sí ? ¿en qué sentido ?

Miguel : hombre, se han aprendido cosas nuevas y eso [...]

ML : ¿qué cosas has aprendido ?

Miguel : lo de la membrana nuc, membrana plasmática que está para [...] y eso, el modelo de ... Singel y Nicholson.

ML : el modelo de Singel y Nicholson. ... Dirías, entonces, que tienes un modelo diferente de célula.

Miguel : ¡mj !

Miguel diría que su modelo de célula es diferente ahora con respecto al que tenía al comenzar el curso. ¿Podría admitirse eso? ¿Los datos aportados justifican esa diferencia? Su modelo mental a lo largo de todo el curso ha sido un modelo sólo estructural, como ya se ha comentado, una representación muy resistente y estable que ha dejado muy poco margen a la incorporación y a la asimilación de nuevos conceptos que amplíen su capacidad predictiva y explicativa, nuevo contenido que no ha resultado relevante para este alumno, al que no le ha asignado significado alguno porque suponía

una gran cantidad de indeterminaciones que su limitado modelo, finito modelo como finitos los elementos de sus conjuntos constituyentes, no podía procesar. Su idea de célula ha variado, es cierto: estructuralmente es más rica, más biológica, y también es cierto que aunque opera mentalmente con un esquema exclusivamente estructural, Miguel ha dotado a esta entidad –célula- de la complejidad que la caracteriza; si bien no comprende ese complejo entramado y no lo puede explicar, sabe que es esa complejidad en su comportamiento lo que la caracteriza y no solamente la estructura que él maneja en su mente.

Nuestra interpretación sobre las producciones y verbalizaciones de Miguel, nuestro modelo mental sobre su modelo mental de célula a lo largo del curso, es lo que hemos definido como modelo A o sólo estructural de la misma; no podemos saber cómo ha pensado él en la célula porque los datos son eso, registros que se interpretan pero a juzgar por la forma de externalizar lo que cree acerca de la misma, pensamos que así es como la piensa, que así es como hace rotar, ejecuta el modelo que ha construido para hacerle frente a dicha célula, a ese mundo que la asignatura que ha estudiado le ha puesto de cara. Y al hacer esta interpretación lo que hemos hecho es rotar nuestro propio modelo, con el que la empezábamos, ejecutarlo. Nuestro modelo mental ha funcionado como estaba previsto, nos ha permitido explicar cómo razona Miguel en términos sólo estructurales y predecir cómo, en esos términos, responde ante distintas tareas cognitivas y en diferentes situaciones y contextos. Sus formas de explicar y de predecir cuando lo hace con la célula como concepto se corresponden con las respuestas propias de la construcción de un modelo mental de la misma tipo A.

ANEXO N° 21:

VIRGINIA

NOMBRE: Virginia

CURSO: COU A

FECHA: 3-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, funciones, núcleo, orgánulos, reacciones, vida, membrana, citoplasma, aparato de Golgi, mitocondrias, vacuolas, nutrientes.	Célula, procesos, organismo, energía, funciones vitales, vacuolas, metabolismo, membrana, citoplasma, información hereditaria, orgánulos, principios inmediatos, agua, mitocondrias, lisosomas, aparato de Golgi, núcleo, centriolo, retículo endoplasmático, ATP, relación, reproducción, nutrición, síntesis de proteínas, información, DNA.	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, células, seres vivos, organismo, vida, proteínas, lípidos, orgánulos, núcleo.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (1º y 3º) No uso (2º)	Uso (1º y 3º) No uso (2º)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: molécula. • Proteína: molécula más compleja. • Lípido: grasa. • Ácido nucleico: escalera de mano. • Célula: cosa redonda (insiste en los cuestionarios y en la entrevista en una cosa redonda. Lo comenté en la propia entrevista con ella). • Meiosis: dibujos de clase. • Reproducción: seres vivos. • Ser vivo: nosotras. • Relación: nosotras hablando.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento (Ej: preg. 4)	Elaboradas	No establecimiento
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> • funciona: como una fábrica donde se obtiene energía. Extrabiol./repetición de clase. • Como una máquina que es capaz de degradar moléculas y obtener así energía. Extrabiol./autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> • ácido nucleico. Escalera de mano. • Como una fábrica donde tiene lugar, no sé, la obtención de energía, la síntesis de moléculas y eso. Extrabiol./repetición de clase.

- No genera imagen en (energía, catabolismo, anabolismo, nutrición).
- La foto de M.E. no se parece a su imagen.
- Pág. 5 A: el modelo "que he tenido siempre" desde que empezó a estudiar lo que es célula.
- Pág. 6 A: no tiene un modelo de cómo funciona una célula.
- Al final de la entrevista: en general: parece tener problemas con el funcionamiento de la célula, no parece haber un modelo global, no interpreta tampoco la foto. Lo ratifica -Pág. 9 A.
- Pág. 9 B: en la entrevista digo: "repites los mismos esquemas desde el principio hasta el final"; ya con más cosas me ha pasado eso: creo que tiene un modelo ¡¡o lo que sea!! Muy rígido y resistente que se ha modificado poco.

NOMBRE: Virginia

CURSO: COU A

FECHA: 3-8-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, animales, vegetales, orgánulos, hialoplasma, moléculas orgánicas, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, etc, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, metabolismo, procesos anabólicos, catabolismo, anabolismo, ATP, procesos catabólicos.	ATP, NADH, FADH, metabolismo, célula, organismos, orgánulos, lípidos, glúcidos, proteínas, ciclo de Krebs, β -oxidación, fotosíntesis, fosforilación oxidativa, acetyl-CoA.	Mitosis, meiosis, animales, vegetales, eucariota, procariota, reproducción, nucleótidos, ARN mensajero, ARN transferente, célula, orgánulos, mitocondria, cloroplastos, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, núcleo, citoplasma, membrana, ribosomas, principios inmediatos orgánicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, glucólisis, β -oxidación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fotosíntesis, síntesis de proteínas, ADN, ARN, ácido pirúvico, acetyl-CoA, FADH, NADH, ATP, información genética.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria (Ej: ¿estructuras? O poner moléculas)	Adecuada y consistente (¡ojo! Excepto moléculas)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Poco significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro	Ausente	De libro (tipos, composición/estructura, metabolismo)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Virginia

CURSO: COU A

FECHA: 3-8-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Célula, orgánulos, núcleo, información, membrana, mitocondria, energía, procesos, glúcidos, lípidos, proteínas, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, vacuola, lisosoma, organismo, función, digestión.	Célula, seres vivos, membrana, agua, vegetales, transporte, reacciones químicas, ósmosis, funciones, nutrición, relación, reproducción, entropía, orgánulos, pared celular, citoplasma, núcleo, vacuolas, aparato de Golgi, ribosomas, mitocondria, materia, organismo, sales minerales, vida.	Agua, nutrientes, glúcidos, reacciones, membrana, metabolismo, catabolismo, anabolismo, energía, grana, cloroplasto, vegetales, glucólisis, fermentación, ATP, células, animales, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, ciclo de Krebs, fotosíntesis, heterótrofo, autótrofo, hialoplasma, enzimas, mitocondria, respiración, matriz mitocondrial, sales minerales, ciclo de Calvin, organismo, monosacáridos, materia.	Aparato de Golgi, dictiosomas, vesículas, células, animales, vegetales, lípidos, mitocondria, crestas mitocondriales, catabolismo, membrana plasmática, medio, seres vivos, orgánulos, funciones, reacciones, ATP, β -oxidación, hialoplasma, ciclo de Krebs, energía, cadena transportadora de electrones, permeabilidad, transporte, proteínas, agua, lisosomas, enzimas, retículo endoplasmático, ácidos grasos.	Proteínas, membrana plasmática, cilios, flagelos, transporte, organismo, reacciones químicas, enzimas, sistema inmunitario, desnaturalización, solubilidad, holoenzimas, cofactor, apoenzima, catálisis, energía, núcleo, ADN, transaminación, información, ARN, citoplasma, traducción, aminoácidos, ARN transferente, ARN mensajero, ATP, ribosomas, síntesis proteica, anticodon, codon, respuesta inmune, anticuerpos, antígeno, pared celular, respuesta humoral, linfocitos, respuesta celular, inmunidad.	Recombinación, sobrecruzamiento, genes, mutación, células, herencia, cromosomas, euploidía, aneuploidía, cromátida, profase, meiosis, ADN, reproducción sexual, gametos, información genética, reproducción asexual, reproducción, sexo, nucleótidos, nucleósidos, ARN, núcleo, interfase, animales, vegetales, vacuolas, envoltura nuclear, membranas, citoplasma, nucleoplasma, principios inmediatos, nucleolo, cromatina, mitosis, ciclo celular, metafase, centrómeros, anafase, telofase, ácidos nucleicos, vida, fenotipos, genotipos, codominancia, diploide, inversión, delección, duplicación, traslación, información.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación (hay hilo conductor claro)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	Uso (en célula)	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas (deduce de su fábrica las funciones)	Elaboradas (Ej: preg. 5 y 7)	Pobres (Ej: preg. 6)	Pobres (Ej: preg. 5)	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (sin embargo: célula como fábrica, orgánulos como trabajadores, reparto de tareas)	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> DNA: parecido a una escalera. Extrabiol./repetición; igual a la entrevista.

- ¡Es curioso! Ex O.V.: "está compuesta por las biomoléculas y los orgánulos". Es el mismo problema de los mapas.

NOMBRE: Virginia

CURSO: COU A

FECHA: 3-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: no nombra nada. No hace 2º dibujo. Membrana, citoplasma, vacuolas, aparato de Golgi, mitocondrias, núcleo.	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: no nombra nada. No hace 2º dibujo. Vacuolas, mitocondrias, lisosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, centriolo, núcleo.	Mitocondria, energía, membranas, célula, núcleo, información, lisosomas, digestión, vacuola, aparato de Golgi, vesículas, retículo endoplasmático, ribosomas, proteínas.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡y si acaso!)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación	Identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático
			Núcleo. Es el jefe de la célula. Extrabiol./autónoma. Y añade: no encuentro un dibujo que pueda relacionarlo con el funcionamiento de la célula, por eso, explico en pocas palabras lo que cada orgánulo hace. [¡ojo! -10-8-98: la célula como suma de lo que hace cada cosa; no hay interacción]

NOMBRE: Virginia

CURSO: COU A

FECHA: 3-8-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, funciones, núcleo, orgánulos, reacciones, vida, membrana, citoplasma, aparato de Golgi, mitocondrias, vacuolas, nutrientes.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, seres vivos, membrana, agua, vegetales, transporte, reacciones químicas, ósmosis, funciones, nutrición, relación, reproducción, entropía, orgánulos, pared celular, citoplasma, núcleo, vacuolas, aparato de Golgi, ribosomas, mitocondria, materia, organismo, sales minerales, vida.
ex. GLUC. 9/12/96	Agua, nutrientes, glúcidos, reacciones, membrana, metabolismo, catabolismo, anabolismo, energía, grana, cloroplasto, vegetales, glucólisis, fermentación, ATP, células, animales, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, ciclo de Krebs, fotosíntesis, heterótrofo, autótrofo, hialoplasma, enzimas, mitocondria, respiración, matriz mitocondrial, sales minerales, ciclo de Calvin, organismo, monosacáridos, materia.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, animales, vegetales, orgánulos, hialoplasma, moléculas orgánicas, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, etc, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, metabolismo, procesos anabólicos, catabolismo, anabolismo, ATP, procesos catabólicos.
ex. LÍP. 26/2/97	Aparato de Golgi, dictiosomas, vesículas, células, animales, vegetales, lípidos, mitocondria, crestas mitocondriales, catabolismo, membrana plasmática, medio, seres vivos, orgánulos, funciones, reacciones, ATP, β -oxidación, hialoplasma, ciclo de Krebs, energía, cadena transportadora de electrones, permeabilidad, transporte, proteínas, agua, lisosomas, enzimas, retículo endoplasmático, ácidos grasos.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, membrana plasmática, cilios, flagelos, transporte, organismo, reacciones químicas, enzimas, sistema inmunitario, desnaturalización, solubilidad, holoenzimas, cofactor, apoenzima, catálisis, energía, núcleo, ADN, transaminación, información, ARN, citoplasma, traducción, aminoácidos, ARN transferente, ARN mensajero, ATP, ribosomas, síntesis proteica, anticodon, codon, respuesta inmune, anticuerpos, antígeno, pared celular, respuesta humoral, linfocitos, respuesta celular, inmunidad.
Mapa conceptual 2 1/4/97	ATP, NADH, FADH, metabolismo, célula, organismos, orgánulos, lípidos, glúcidos, proteínas, ciclo de Krebs, β -oxidación, fotosíntesis, fosforilación oxidativa, acetyl-CoA.
ex. AN. 12/5/97	Recombinación, sobrecruzamiento, genes, mutación, células, herencia, cromosomas, euploidía, aneuploidía, cromátida, profase, meiosis, ADN, reproducción sexual, gametos, información genética, reproducción asexual, reproducción, sexo, nucleótidos, nucleósidos, ARN, núcleo, interfase, animales, vegetales, vacuolas, envoltura nuclear, membranas, citoplasma, nucleoplasma, principios inmediatos, nucleolo, cromatina, mitosis, ciclo celular, metafase, centrómeros, anafase, telofase, ácidos nucleicos, vida, fenotipos, genotipos, codominancia, diploide, inversión, delección, duplicación, traslación, información.
Símil de la fábrica 13/5/97	Célula, orgánulos, núcleo, información, membrana, mitocondria, energía, procesos, glúcidos, lípidos, proteínas, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, vacuola, lisosoma, organismo, función, digestión.
Dibujo estruc/función 21/5/97	Mitocondria, energía, membranas, célula, núcleo, información, lisosomas, digestión, vacuola, aparato de Golgi, vesículas, retículo endoplasmático, ribosomas, proteínas.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Mitosis, meiosis, animales, vegetales, eucariota, procariota, reproducción, nucleótidos, ARN mensajero, ARN transferente, célula, orgánulos, mitocondria, cloroplastos, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, núcleo, citoplasma, membrana, ribosomas, principios inmediatos orgánicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, glucólisis, β -oxidación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fotosíntesis, síntesis de proteínas, ADN, ARN, ácido pirúvico, acetyl-CoA, FADH, NADH, ATP, información genética.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, procesos, organismo, energía, funciones vitales, vacuolas, metabolismo, membrana, citoplasma, información hereditaria, orgánulos, principios inmediatos, agua, mitocondrias, lisosomas, aparato de Golgi, núcleo, centriolo, retículo endoplasmático, ATP, relación, reproducción, nutrición, síntesis de proteínas, información, DNA.
Entrevista. 5/6/97	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, células, seres vivos, organismo, vida, proteínas, lípidos, orgánulos, núcleo.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, orgánulos, membrana, citoplasma, aparato de Golgi, mitocondrias, vacuolas.	Membrana, orgánulos, pared celular, citoplasma, núcleo, vacuolas, aparato de Golgi, ribosomas, mitocondria.	Membrana, grana, cloroplasto, hialoplasma, mitocondria, matriz mitocondrial.	Orgánulos, hialoplasma, mitocondria, aparato de Golgi.	Aparato de Golgi, dictiosomas, vesículas, mitocondria, crestas mitocondrial es, membrana plasmática, orgánulos, hialoplasma, lisosomas, retículo endoplasmáti co.	Membrana plasmática, cilios, flagelos, núcleo, citoplasma, ribosomas, pared celular.	Orgánulos.	Cromosomas , núcleo, vacuolas, envoltura nuclear, membranas, citoplasma, nucleoplasma , nucleolo, centríolos.	Orgánulos, núcleo, membrana, mitocondria, ribosomas, retículo endoplasmáti co rugoso, vacuola, lisosoma.	Mitocondria, membranas, núcleo, lisosomas, vacuola, aparato de Golgi, vesículas, retículo endoplasmáti co, ribosomas.	Orgánulos, mitocondria, cloroplastos, aparato de Golgi, retículo endoplasmáti co, núcleo, citoplasma, membrana, ribosomas.	Vacuolas, membrana, citoplasma, orgánulos, mitocondrias, lisosomas, aparato de Golgi, núcleo, centríolo, retículo endoplasmáti co.	Orgánulos, núcleo.	AG7,ctrl1,ce ntrómero1,cil io1,ctpl6,clpt 3,crmit1,crm a1,dictiosom a1,envnucl1,f gl1,grana1,hl pl3,liss4,matr izmit1,mubr 10,mubrplas m2,mitc9,nú c19,nclol1,nucl eoplasma1,or g9,paredcel2, RE5,RER1,ri b5,vesc2.
Moléculas	Nutrientes.	Agua, sales minerales.	Agua, nutrientes, glúcidos, ATP, enzimas, sales minerales, monosacárid os.	Moléculas orgánicas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, ATP.	Lípidos, ATP, proteínas, agua, enzimas, ácidos grasos.	Proteínas, enzimas, holoenzimas, cofactor, apoenzima, ADN, ARN, aminoácidos, ARN transferente, ARN mensajero, ATP, anticodon, codon.	ATP, NADH, FADH, lípidos, glúcidos, proteínas, acetil-CoA.	Genes, cromátida, ADN, nucleótidos, nucleósidos, ARN, principios inmediatos, cromatina, ácidos nucleicos.	Glúcidos, lípidos, proteínas.	Proteínas.	Nucleótidos, ARN mensajero, ARN transferente, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN, ARN, ATP.	Principios inmediatos, agua, ATP, DNA.	Proteínas, lípidos.	Acgr1,AN3, ADN3,agua4 ,aa1,apoenz1, ARN3,ARN m2,ARNt2.A TP7,codon1, cromát1,cro mat1,enz3,ge n1,glúc5,líp6 ,moléc1,mon sac1,ncléósd o1,ncléótdo2, nutriente2,PI 3,prot7,sm2.
PROCESOS Mtbs.	-	-	Metabolismo , catabolismo, anabolismo, glucólisis, fermentación , cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, ciclo de Krebs, fotosíntesis, heterótrofo, autótrofo, respiración, ciclo de Calvin.	Metabolismo , catabolismo, anabolismo.	Catabolismo, β-oxidación, ciclo de Krebs, cadena transportador a de electrones.	Catálisis, transaminaci ón, traducción, síntesis proteica.	Metabolismo , ciclo de Krebs, β- oxidación, fotosíntesis, fosforilación oxidativa.	-	Digestión.	Digestión.	Glucólisis, β- oxidación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fotosíntesis, síntesis de proteínas.	Metabolismo , síntesis de proteínas.	-	Anb2,autófl, â- ox3,cadresp2 ,cat3,catálisis 1,cKrebs4,di gest2,fermet1 ,ffox2,ftst3,gl ucólisis2,hete róf1,mtb4,res p1,síntesis5,s prot3,traduc1 ,transaminaci ón1.

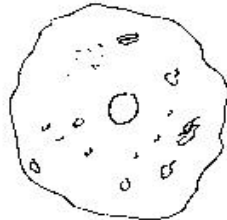
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
Otros	Funciones.	Transporte, ósmosis, funciones, nutrición, relación, reproducción	-	-	Funciones transporte.	Transporte.	-	Recombinación, sobrecruzamiento, mutación, euploidía, aneuploidía, profase, meiosis, reproducción sexual, reproducción asexual, reproducción, mitosis, ciclo celular, metafase, anafase, telofase, diploide, inversión, delección, duplicación, traslación.	Función.	-	Mitosis, meiosis, reproducción	Funciones vitales, relación, reproducción, nutrición.	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción	Anaf1,aneuploidía1,delección1,diploide1,duplic1,euploidía1,funciones5,FV2,inversión1,meiosis2,metaf1,mitosis2,nut3,ósmosis1,prof1,rel3,rep5,rasex1,rsex1,sobrecruz1,telof1,transporte3.
CONCEPs GRALES:	Célula, reacciones, vida.	Célula, seres vivos, vegetales, reacciones químicas, entropía, materia, organismo, vida.	Reacciones, energía, vegetales, células, animales, organismo, materia.	Célula, animales, vegetales.	Células, animales, vegetales, medio, seres vivos, reacciones, energía.	Organismo, reacciones químicas, energía, información.	Célula, organismos.	Células, herencia, información genética, animales, vegetales, vida, información.	Célula, información, energía, procesos, organismo.	Energía, célula, información.	Animales, vegetales, procariota, eucariota, célula, información genética.	Célula, organismo, energía, información hereditaria, información.	Células, seres vivos, organismo, vida.	Ani5,célula1,energ6,entrop1,euct1,genét2,herenc1,inf6,infgen2,mater2,medio1,organism7,proct1,react5,react2,sv3,vtg6,vida4.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Permeabilidad.	Sistema inmunitario, desnaturalización, solubilidad, respuesta inmune, anticuerpos, antígeno, respuesta humoral, linfocitos, respuesta celular, inmunidad.	-	Gametos, interfase, fenotipos, genotipos, codominancia.	-	-	-	-	-	Antcuerpo1,antígeno1,fenotipo1,gameto1,genotipo1,inmunidad1,interfase1,linfocito1,permeabilidad1,respuesta1,respel1,respumoral1,respimmune1,sistimmunitario1.
MODELO	A	C	B	A	B	B	A	B	A/B		B	B	A	B

¿Qué hace Virginia cuando se enfrenta al contenido celular? ¿Cómo procesa la información que se le presenta al respecto? ¿Cómo concibe ella la célula a lo largo del curso? A juzgar por la forma en la que se expresa al respecto, por cómo responde, explica, predice, comunica, en definitiva, esta alumna va pensando la célula de diferentes maneras, con distintas representaciones, utilizando básicamente un núcleo conceptual bastante común y estable a lo largo del curso que está constituido en términos generales por conceptos estructurales (tanto orgánulos como moléculas) al que va incorporando otros que son funcionales, aunque sea en varias ocasiones tímidamente. De hecho, el esquema común, el modelo más frecuente que manifiesta y con el que entendemos que acaba el curso es un modelo mental dual, un modelo que responde por separado a su estructura y a su funcionamiento, si bien es cierto que en un par de ocasiones parece tener una idea más global, más causal, que, en todo caso, opera sin conceptos metabólicos, sin llegar a comprender, por lo tanto, su comportamiento energético, pero dando, eso sí, una visión más integrada. Pero también hay ocasiones, ¡nada menos que cuatro/cinco! en las que da la impresión de que Virginia sólo pone en su mente una célula-estructura, una representación en la que sólo considera sus elementos constituyentes pero sin imprimir a esta unidad de vida de todo aquello que realmente la define, que es su dinámica. Todo ello muestra, en su conjunto, las dificultades que tiene esta joven para comprender una entidad que es tan compleja, los problemas que supone para ella la generación de un intermediario que realmente sea análogo estructural de la realidad que se le presenta, optando por construir “representaciones parciales”, modelos -¡submodelos!- que le permitan comprender algunos aspectos que en algunas ocasiones son bastante limitados en términos explicativos y predictivos ya que no la proveen de una comprensión global, pero que no representan para ella la entidad en cuestión en toda su complejidad. No puede captarla en toda su esencia, no puede percibir esa complejidad porque no la puede modelar al operar con esquemas parciales, no lleva a cabo una incorporación significativa en términos psicológicos, de todos los conceptos que ello supondría, no los construye de manera eficaz porque trabaja básicamente con un conjunto de orgánulos y moléculas (entidades) y con un conjunto de propiedades y características de los mismos (conceptos generales y características y funciones de orgánulos y moléculas), costándole captar el sentido, el significado biológico de los conceptos que con tanta dificultad construye, que son los funcionales y que no son más que las relaciones e interacciones entre los elementos de los dos conjuntos anteriores; cuando revisa su conocimiento, cuando rescata su catálogo conceptual, éstos últimos no los recupera observándose, por lo tanto, limitación y pobreza en su uso. Tiene, en todo caso, un modelo mental de estructura celular en el que intenta encajar, con mayor o menor suerte a lo largo del curso, otro modelo funcional, pero no es capaz de generar un modelo único que le permita revisar recursivamente, moverse indistintamente en uno y en otro terreno en función de las demandas, sacar a la luz de su pozo de conocimientos aquello que necesita porque su capacidad de modelización, sus posibilidades de tener en su mente una célula funcionando, es pobre y no se lo permite, no la deja entender dicho comportamiento en términos de causalidad. Virginia piensa en célula-estructura por un lado y en célula-funcionamiento por otro y eso es lo que se pretende demostrar a continuación con sus producciones y verbalizaciones.

El cuestionario inicial (22-10-96) es el primer registro que se obtiene de esta alumna. En él parece generar un modelo sólo estructural de la célula para el que usa como elementos algunos de sus orgánulos constituyentes, no refiriendo para su dinámica nada más que al concepto “funciones” que se entiende que son las vitales. En este cuestionario usa frases librescas que articula de manera muy pobre repitiendo

mecánicamente la información y no estableciendo inferencias biológicamente consistentes. Cuando se le pide cómo representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, Virginia nos presenta lo siguiente:

“ Una célula la podemos representar con forma circular, pero muy deforme, es decir, como acercándose a una forma circular, pero sin llegar a serlo. En su interior encontraremos un núcleo y líquido, además de poseer orgánulos”.



Su imagen de la célula no parece ser otra cosa que la de un simple “huevo frito” y para representar su funcionamiento no genera imagen ninguna ante la demanda de dibujarlo.

“No se me ocurre cómo poder dibujar la célula haciendo su función. No tengo una idea clara de cómo funciona la célula y me es difícil dibujarla”.

No parece infundada la deducción de que sólo genera una célula-estructura a la que no le atribuye comportamiento característico alguno, lo que se corrobora con lo que responde a la cuestión:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Para que una célula sea una célula, lo que tiene que tener es vida, es decir, que dentro de ella aparezcan los orgánulos, el núcleo, el líquido, etc, ..., es decir, todo lo que tiene cuando está viva, aparte de realizar sus funciones, pues si no las realizase no fuese una vida. Que no pierda la forma que normalmente suele tener. Para funcionar como célula necesita que dentro de ella aparezcan todos los elementos necesarios para que una célula realice sus funciones”.

Como vemos, equipara “vida” a tener orgánulos y para funcionar como una célula necesita que estén presentes, dentro, los orgánulos. Cuando se le pide que explique lo que cree que es ese funcionamiento, considera algunas cosas de interés (equilibrio, regeneración) pero con un poder explicativo realmente limitado, introduciendo incluso ideas equivocadas (¿generación espontánea?).

“Dentro de la célula es a donde van a parar los nutrientes. A partir de aquí, estos nutrientes van a la sangre a través de la célula. Dentro de ésta se encuentran los orgánulos, cada uno especializado en regir una función diferente. La célula también tiene como función la de establecer un equilibrio entre el líquido que se encuentra fuera y dentro de la célula. La célula se agrupa formando el tejido y éste realiza un acto determinado.

La célula por sí misma es capaz de volver a construirse cuando muere, es decir, las células se están regenerando a cada momento, y de una célula muerta vuelve a salir una célula viva. Las células tienen que estar continuamente regenerándose”.

Esas ciertas y vagas ideas de que la célula es algo más que una simple estructura se ponen de manifiesto cuando se enfrenta al examen de Origen de la vida (18-11-96) en el que utiliza un lenguaje más personal que articula bien organizando autónomamente la información que selecciona y maneja, lo que da pie para pensar que tiene en este momento una mayor capacidad explicativa que en el registro anterior; muestra una mayor comprensión y eso le permite razonar con más lógica en términos biológicos, establecer deducciones e inferencias bastante más elaboradas. Sin embargo, cabe

destacar un hecho curioso: conceptualmente echa mano de conceptos estructurales pero en el ámbito fisiológico no utiliza ningún concepto metabólico sino que expresa su idea de comportamiento con conceptos referidos a procesos de otra naturaleza, imprimiendo con ello a esta compleja entidad de su dinamismo característico y permitiéndole eso aquellas elaboradas deducciones que ya se comentaron. Un ejemplo de las mismas lo tenemos en su forma de razonar frente a diferentes datos mostrados en una tabla.

- Teniendo en cuenta la observación de que muchos organismos vivientes se encuentran sobre todo cerca o en el interior de sustancias orgánicas en descomposición (...) algunos científicos han formulado la hipótesis de que estos organismos se originan espontáneamente a partir de esas sustancias. Para verificar experimentalmente tal hipótesis se puede pensar en tratar de modos diferentes cuatro series de probetas conteniendo caldo de carne turbio por la presencia de microorganismos vivos y luego compararlas, haciendo un total de ocho grupos de observaciones. En la tabla siguiente se muestran los tipos de tratamiento y se indica el aspecto que presenta el caldo en las probetas, después de una hora y de diez días de haber realizado el tratamiento, respectivamente. Las ocho casillas numeradas corresponden a las ocho observaciones. (Bandiera y col., Enseñanza de las Ciencias, 1995).

	1 hora	10 días
Probetas cubiertas con una gasa : calentamiento durante 40 min. a 60°C.	1.- turbio	2.- turbio
Probetas cubiertas con una gasa : calentamiento durante 40 min. a 100°C	3.- claro	4.- turbio
Probetas selladas con cera : calentamiento durante 40 min. a 60°C.	5.- turbio	6.- turbio
Probetas selladas con cera :calentamiento durante 40 min. a 100°C.	7.- claro	8.- claro

- ¿Qué se puede deducir de estos datos ?.
- Plantea al menos dos afirmaciones relativas a estos datos y expresa si están demostradas o no.

“Cuando el recipiente está cubierto con una gasa y a baja temperatura sale turbio porque por una gasa pueden entrar microorganismos que a esa temperatura no se mueren, por tanto siempre aparecerá el caldo turbio. Cuando lo calientan a mayor temperatura, el caldo el primer día aparece claro porque han muerto los organismos pero al cabo de diez días han entrado muchos organismos y no se ha muerto. Cuando las probetas están selladas con cera es muy muy difícil que entren microbios pero el caldo a esa temperatura (60°C) todavía sigue turbio porque es una temperatura baja para matar a los microbios. Cuando la temperatura es más alta, el caldo aparece claro porque se han muerto los microbios y como la probeta está sellada con cera no pueden entrar más.

De todo esto se puede deducir que cuando a la probeta le entran microbios va a estar el caldo turbio independiente de la temperatura, pero cuando a la probeta no le entran microbios, una vez hayan muerto todos el caldo aparece claro.

- *Por una gasa es muy fácil que entren microbios. Está demostrada, pues si no ocurriese esto, el caldo aparecería claro.*
- *A bajas temperaturas los microbios no se mueren. Está demostrada pues en la tabla se ve claro que cuando la temperatura es de 60°C el caldo siempre aparece turbio”.*

Cuando se le pide que explique el concepto célula, hace un dibujo muy similar al ya expuesto y añade:

“Es la unidad básica de los seres vivos. Realiza tres funciones: nutrición, relación y reproducción y además va en contra de la entropía. Tiene una forma irregular y está compuesta por las biomoléculas y los orgánulos, además de poseer membrana externa, pared celular (a veces) y citoplasma. Posee también un núcleo que está situado casi siempre en el centro de la célula y puede variar de tamaño”.

No obstante, su visión de la célula no es la misma cuando se enfrenta al examen de Glúcidos (9-12-96); en éste se observa un manejo conceptual completamente diferente. Utiliza bastantes conceptos organulares y moleculares, así como metabólicos, y éstos hasta con profusión, pero no usa ningún concepto relativo a procesos que sea de otra índole, al contrario de lo que hiciera en el ejercicio anterior. Y sin embargo, a pesar de usar en demasía esos conceptos metabólicos que justifican el comportamiento energético de una célula, su peculiar manera de procesar la materia y la energía, no adquiere comprensión sobre el mismo, no genera un modelo suficientemente explicativo en el que encajarlos e interpretarlos a la luz del mismo que pudiera dotarla del significado real de ese funcionamiento, de esos conceptos, lo que se evidencia mostrando un lenguaje libresco bien articulado pero producto de simple repetición mecánica de la información que plasma, una repetición memorística que, por ausencia de comprensión, la lleva a manifestar serios errores biológicos.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“Las vías fermentativas se producen en ausencia de oxígeno y al final del proceso no se obtiene más energía que la producida en la glucólisis, ya que, la fermentación es un proceso continuo a la glucólisis, por tanto, se obtienen realmente dos moléculas de ATP. Sin embargo, si usa el oxígeno, después de realizar todo (...) proceso, obtiene más ATP que si hiciese la fermentación.*
- *No. Tanto las células animales como las vegetales respiran. Los animales lo hacen por un proceso diferente a los vegetales, pero los dos respiran. (Los animales lo hacen por medio de la cadena respiratoria y la fosforilación oxidativa) En las células animales la respiración se lleva a cabo desde el ciclo de Krebs hasta la cadena respiratoria y la fosforilación. Las células vegetales lo hacen por medio de la fotosíntesis.*
- *No, hablamos de catabolismo heterótrofo y de anabolismo autótrofo.*
- *Podría funcionar como una célula en un periodo de tiempo no muy largo, pero si es en un periodo de tiempo bastante largo no, si nosotros no aportamos este nutriente, la célula lo obtiene de las reservas, pero cuando (s) estas reservas se agoten ya no tiene de dónde sacarlo, por tanto, la célula no podría realizar sus rutas metabólicas y principalmente la glucólisis”.*

Y, consecuentemente, esa ausencia de comprensión desemboca en un bajo nivel predictivo, ya que, al no poder percibir y/o concebir las causas y las consecuencias de los procesos, su finalidad biológica, sus deducciones y sus inferencias, su razonamiento biológico en definitiva, se ve también limitado. Veamos un ejemplo.

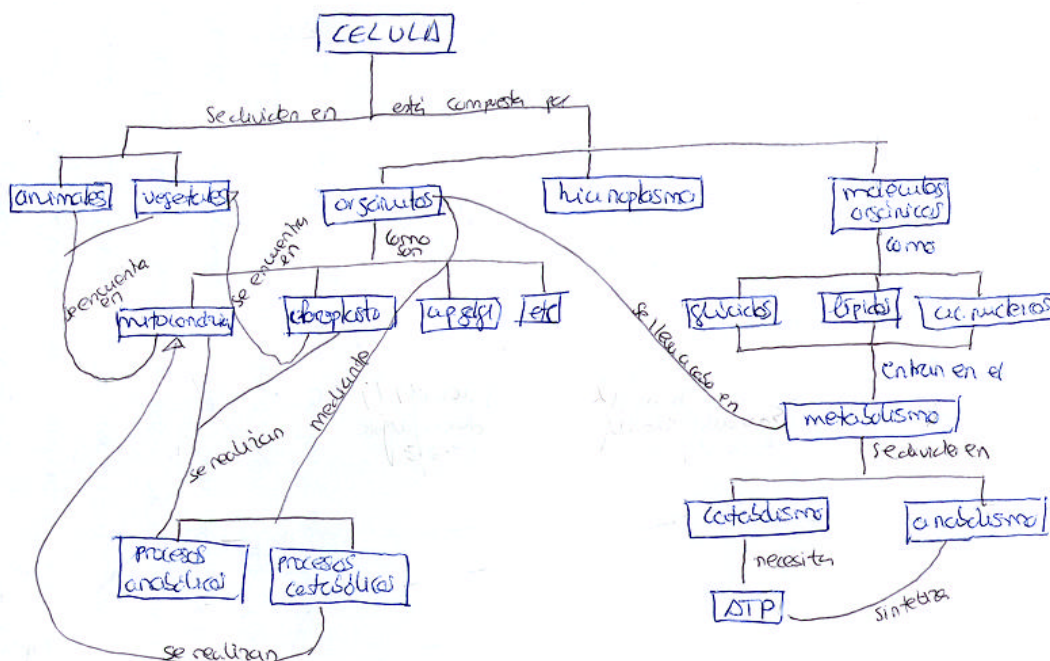
- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“En esta fase se requiere de mucha sangre y de muchos nutrientes para la formación del óvulo y luego, posiblemente, la formación de un feto. En sangre hay

glúcidos, por tanto, si se requiere sangre, se requiere glúcidos y por este motivo, las mujeres apetecen alimentos dulces.

Las mujeres en su fase de ovulación necesitan o apetecen más azúcar que en los demás días donde no está(n) en fase de ovulación”.

Como vemos, la información metabólica, aquello que define, como se ha expresado, lo que la célula hace con la materia y la energía, es en su incorporación un tanto tardía en esta alumna, algo más tardía, cuanto menos, que en otros compañeros si bien es cierto que es en este tema en el que se aborda este contenido con seriedad y profundidad. No resulta extraño, pues, que la construcción de estos conceptos enmarcados por sus características en lo que son relaciones e interacciones entre los elementos celulares y sus propiedades y características, resulte costosa, dada su complejidad. Estamos hablando de una entidad que es real, física, pero que opera en las mentes de los estudiantes en el terreno de lo abstracto, es una cosa que hace cosas, procesos, que se comporta como algo vivo por esas cosas que hace –reacciones físico-químicas- pero que ellos no pueden ver. De ese modo, ante este contenido tan complejo y difícil -¡imposible de verificar!- Virginia trabaja, como en este ejercicio, pensando en una célula-estructura por un lado y en una célula-funcionamiento por otro, centrando éste último, con la complejidad que sí que capta, en las mecánicas explicaciones que lleva a cabo. Cuando hace el primer mapa conceptual todos estos problemas de comprensión del funcionamiento metabólico de la célula se hacen marcadamente evidentes, haciendo una arbitraria selección de conceptos que une con nexos simples, no dotando de significado alguno las proposiciones que construye y no siendo capaz de jerarquizarlos. Por ejemplo, llama la atención que los orgánulos no deben estar formados por moléculas, lo que ya se mostró en su explicación del examen de Origen de la Vida y se repetirá en su forma de pensar, o, nuevamente, la ausencia de comprensión del comportamiento energético celular.



“La célula se divide en células animales y en células vegetales. Todas las células están compuestas por orgánulos, como pueden ser mitocondrias, cloroplasto, aparato de Golgi, etc; hialoplasma y moléculas orgánicas, como glúcidos, lípidos y ácidos nucleicos. Estas moléculas entran en el metabolismo. Éste se divide en catabolismo que necesita energía y en anabolismo que sintetiza energía. El metabolismo se lleva a cabo en los orgánulos mediante los procesos anabólicos y los procesos catabólicos. Los procesos

catabólicos se realizan en la mitocondria y los procesos anabólicos en mitocondria y cloroplastos. Las mitocondrias se encuentran tanto en las células animales como en las vegetales y los cloroplastos se encuentran en las células vegetales, especialmente en las partes verdes de la planta”.

De lo anterior podemos deducir que Virginia ha recuperado de su archivo la misma célula-estructura con la que empezó a trabajar el curso a la que, sin sentido, le ha añadido algún concepto muy general que no debe estar entendiendo y que no la ha dotado de comprensión, ya que lo más probable es que en su representación mental esta nueva información esté operando sólo proposicionalmente. Al hacer el examen de Lípidos (26-2-97) parece estar pensando nuevamente en un doble nivel, con un doble esquema ya que, al menos, es capaz de establecer algunas pobres deducciones mostrando un discurso bien hilvanado en el que, en todo caso, nos encontramos con signos de que repite mecánicamente la información. En estas condiciones su capacidad explicativa no se ve realmente enriquecida, no revisa lo trabajado en el tema anterior sencillamente porque no fue relevante para ella, lo que es una prueba de la ausencia de su incorporación y llega hasta el extremo de que define célula como unidad morfológica, no aceptando, por lo que se ve, ni tan siquiera lo que la Teoría Celular postula al respecto (además, unidad fisiológica y genética).

“Es la unidad morfológica de los seres vivos. En ella hay muchos orgánulos con funciones diferentes. Dentro de la célula se lleva(n) a cabo diferentes reacciones de las cuales se obtiene ATP”.

Cuando se ve obligada a explicar procesos metabólicos o fisiológicos en general, en los que intervienen de alguna manera los lípidos, como β -oxidación o permeabilidad celular, no tiene más opción, más recurso que repetir mecánicamente esa información, no captando la finalidad de los procesos, su interacción, su relación con las estructuras en las que ocurren porque no tiene un modelo global, comprensivo, a la luz del que interpretarlos. Pero de cualquier manera, como decimos, es capaz de hablar de ellos como si tuviera dos células distintas en su cabeza: una estructural (la que acabamos de ver cómo explica) y otra funcional (la que hace esos procesos) y con ello, ya se expresó, puede hacer alguna tímida incursión en el terreno de la predicción, puede de manera pobre y limitada anticipar algunas respuestas y consecuencias. Un ejemplo es lo que hace ante la siguiente pregunta:

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
- ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.

“Hay una clase de lípidos que están compuestos por ceramidas. Los lípidos son insolubles en agua, por tanto cuando estén en contacto con el agua no se van a disolver. Cuando te pongas la crema, ésta va a ayudarte a la rejuvenecer porque al ser insolubles en agua pueden llegar hasta la célula sin miedo a que se diluya.

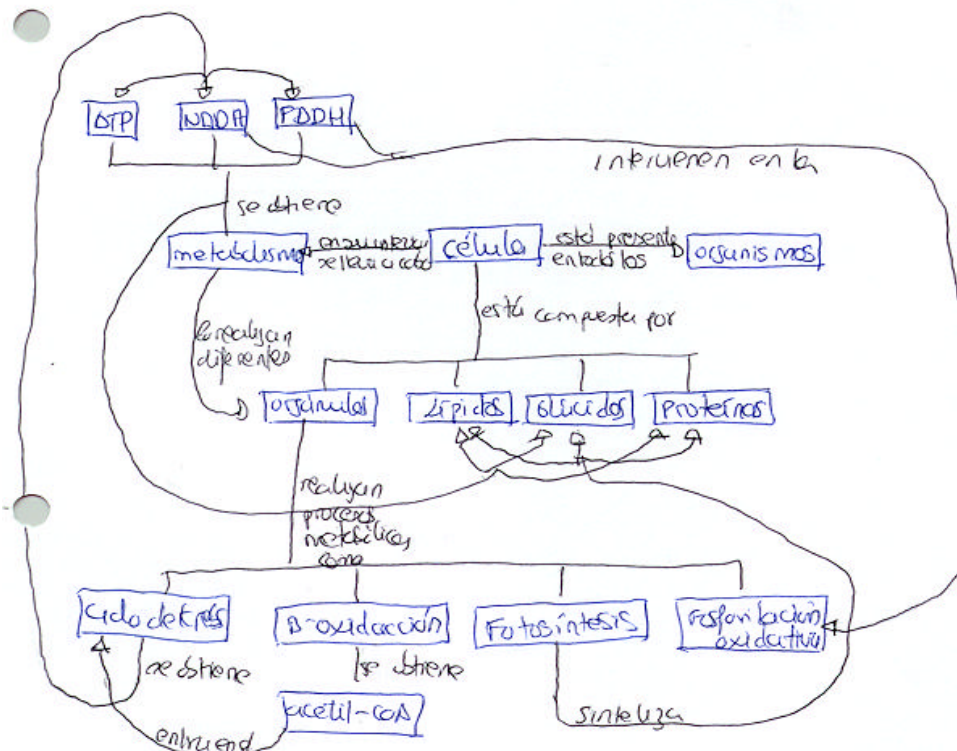
Una causa del envejecimiento, es que los lisosomas son los encargados de digerir sustancias y cuando se digieren esas sustancias hay algunas que quedan y otras que se excretan, pero hay veces que los lisosomas se acumulan de material, por no digerirse si excretarse, y esto provoca el envejecimiento de la célula y por tanto de la piel. Los liposomas tienen en su interior enzimas y otros productos. Estos enzimas son capaces de digerir lo que está dentro de los lisosomas y poder excretar los desechos al exterior de la célula y rejuvenecerla. Los liposomas pueden entrar bastante bien a través de la piel.

Hipótesis: los lípidos son insolubles en agua, por tanto, la ceramida que es una clase de lípido, también lo será (insoluble). De este modo no se disolverá con el agua y podrá llegar a la célula y ejecutar su función”.

Sigue todo un razonamiento que podemos admitir que tiene cierta lógica pero que no tiene ningún fundamento biológico, no responde a lo que ocurre en realidad con los lípidos en la célula ni al papel de los lisosomas, El examen de Proteínas (14-3-97) no cambia las cosas, el contenido trabajado entre éste y el anterior no reestructura la idea que de célula tiene Virginia, detectándose el mismo uso de dicha información. Ante la pregunta de qué es lo que le ocurriría a la estructura y al funcionamiento celular si no existieran los enzimas, que requiere razonar válidamente en el ámbito biológico, esta alumna repite información memorística pero no razona la respuesta, no puede deducir la magnitud de lo que le pasaría a esa célula y, de hecho, no responde a todo lo que se le demanda (¡nada de su estructura! pues se refiere a la estructura proteica), mostrando incluso ambigüedades y confusiones.

“Si no existieran los enzimas no se produciría la acción enzimática y por tanto desaprovecharíamos cantidad de energía, es decir, si los enzimas disminuyen la energía de activación quiere decir que necesitamos menos energía para que se produzcan las reacciones, por lo que no haríamos un gasto insuficiente de energía. Pues si no estuvieran las proteínas necesitaríamos mucha más energía para que se pudiera llegar al estado de transición y así se llevara a cabo la reacción. Además de esto, sin los enzimas, las estructuras sufrirían desnaturalización, pues habría un aumento en la temperatura y ello provocaría la desnaturalización. Los enzimas pueden actuar a la temperatura de nuestro cuerpo, por tanto, no necesitan aumentarla, y eso lleva a que no se pierda su estructura”.

¿Y su segundo mapa conceptual (1-4-97)? ¿Qué hace Virginia en su segundo mapa? Selecciona arbitrariamente los conceptos, que se recordará que estaban limitados a quince, poniendo moléculas y no seleccionando, por el contrario, estructuras orgánulares. Nuevamente se manifiesta la misma idea: orgánulos (en general) por un lado y moléculas por otro y al mismo nivel; ¿no están los orgánulos formados por moléculas? Y al plasmar los conceptos metabólicos, las proposiciones son tan poco significativas que no evidencian si ha habido o no comprensión.



Cuando hace el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) utiliza frases librecas que articula coherentemente en un discurso aceptable en el que, de todos modos, no hay más que repetición mecánica de la información que selecciona; ¡y selecciona poca!, recupera muy poca información, muy poco contenido trabajado para dar cuenta de la estructura y del funcionamiento celular, lo que podría entenderse como una limitadísima capacidad de revisión recursiva, como un bajo nivel de recuperación de ese contenido, de esos conceptos y si es así, probablemente la explicación más razonable es que no los ha integrado en la representación inicial de la que partió más que parcialmente ya que, al menos, es capaz de utilizarlos, aunque sea repetitivamente, en un discurso hilvanado, lo que hace pensar que cierta construcción de los mismos, aunque sea tímida, sí que ha generado. El siguiente dato no es que precisamente sea un buen ejemplo de calidad de discurso (no hay frase principal), tampoco es la tónica de su forma de expresarse en el resto del ejercicio, pero sí de sus problemas de comprensión y de las dificultades comentadas para recuperar una información que, a juzgar por esto, parece no haber asimilado.

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos ?. Razona la respuesta.

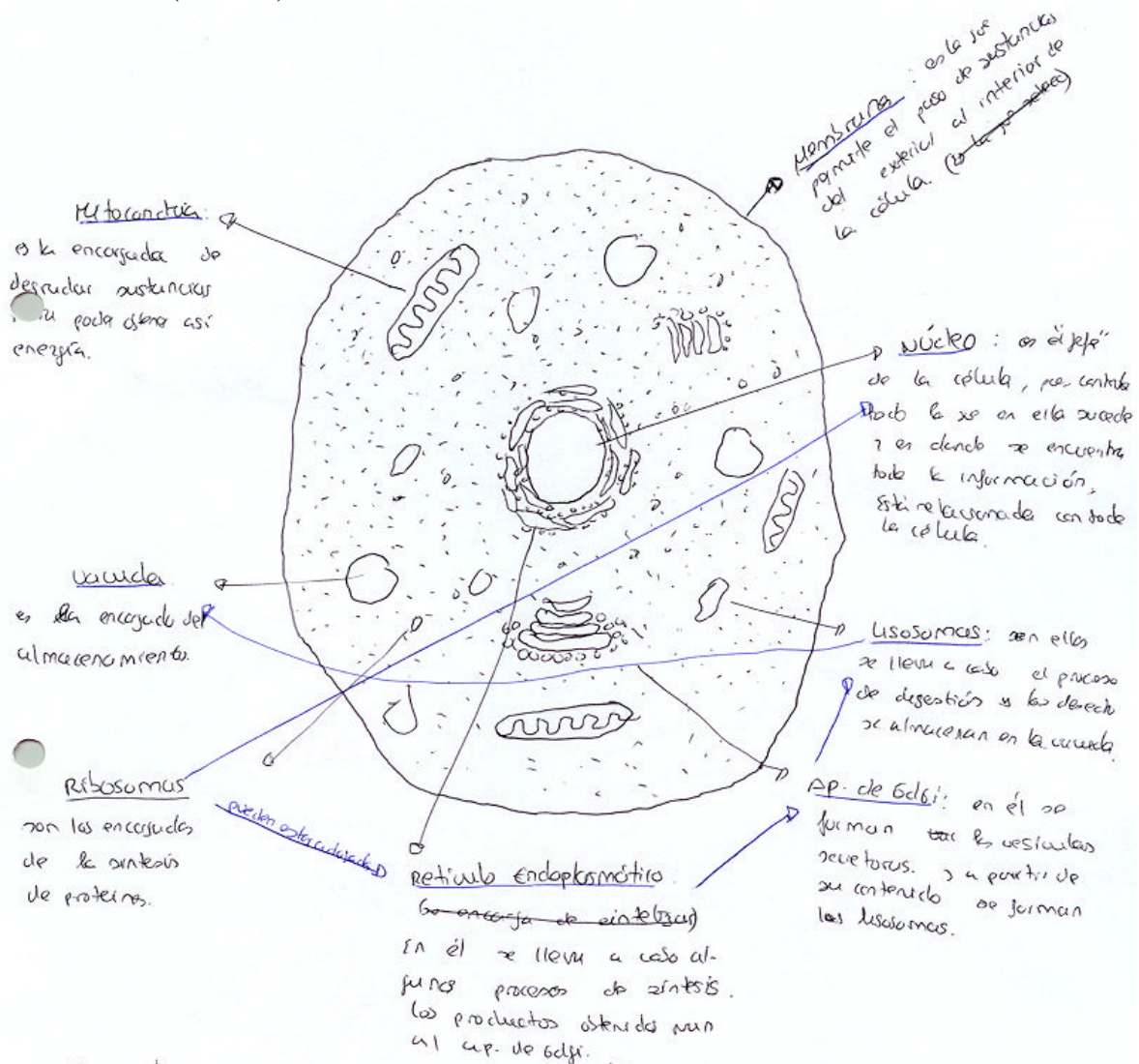
“En la medida en que los ácidos nucleicos son los portadores de la herencia”.

En todo caso, sí que parece haberse desarrollado en la mente de Virginia una evolución en lo que a su forma de ver la célula se refiere. No tiene una visión global, única, de conjunto de esta entidad, no ha generado un modelo suficientemente explicativo y biológicamente aceptable de la misma, pero advierte que no es sólo una estructura, la concibe como un ente complejo, una realidad complicada, un mundo difícil de captar y nada simple para el que ella, como intermediario, usa representaciones parciales que atienden a sus distintos aspectos; y en aquél que es más complejo para ella, que es su comportamiento, es capaz de usar analogías que le faciliten ese papel de puente, aunque sean analogías discutidas en clase mucho tiempo atrás con las que Virginia, en todo caso, puede definir algunas correlaciones, recurre a ellas como un intento o mecanismo que favorece la comprensión. Eso es lo que se evidencia en su forma de interpretar un dibujo que se le presenta con distintas viñetas para que explique en qué medida refleja la estructura y el funcionamiento celular (13-5-97).

“La célula tiene un funcionamiento parecido al de una fábrica, donde hay diferentes personas que realizan cada una de ellas un trabajo. Dentro de la célula existen diferentes orgánulos (en el caso de la fábrica serían los trabajadores) que realizan una función determinada, pero que todos están relacionados entre sí. El núcleo sería donde reside toda la información necesaria para que la célula funcione adecuadamente. Éste se asemeja al lugar donde se encuentra toda la maquinaria que controla la fábrica. La membrana es la que permite la entrada y salida de sustancias, desde la célula hacia el interior o viceversa. La mitocondria es el lugar donde se obtiene la energía necesaria para todos los procesos que se llevan a cabo en la célula. En ella se degradan los glúcidos, lípidos, proteínas, para poder obtener energía, además de otros compuestos. Los ribosomas son los encargados de sintetizar las proteínas gracias a la información que hay en el núcleo con la ayuda del retículo endoplasmático rugoso. El liso se encarga de transportar las sustancias que sobran hasta la vacuola de almacenamiento. En los lisosomas tiene lugar la digestión celular y luego lo que se encuentra dentro del lisosoma se almacena en la vacuola digestiva.

Como se puede ver, la célula es una estructura demasiado compleja, y en ella se realizan todos los procesos necesarios para el buen funcionamiento de nuestro organismo. Como he dicho al principio se puede comparar con una gran fábrica, donde cada orgánulo (en el caso de la célula) realiza(n) una función específica cada una de ellas”.

En la interpretación anterior se observa esa idea de funcionamiento-suma, un catálogo de orgánulos que hacen diferentes cosas (algunas no correctas en su modelo) y que, en conjunto, a Virginia le parece muy complejo, una complejidad que capta pero en la que no usa conceptos específicos relativos a procesos celulares sino que, en todo caso, la comunica a través de los verbos que usa; efectivamente, como ya se comentó, su incorporación y asimilación de los conceptos estrictamente metabólicos y de otra naturaleza dinámica es muy baja, pero a pesar de ello, intuye ese comportamiento definitorio de célula como ente dotado de vida. Y sigue trabajando en ese doble nivel, sigue pensando la célula con un doble esquema, no habiendo adquirido una comprensión global, única, causal con respecto a la misma. Otro dato que reafirma lo anterior lo tenemos en el dibujo que hace para plasmar la estructura y el funcionamiento de una célula (21-5-97).

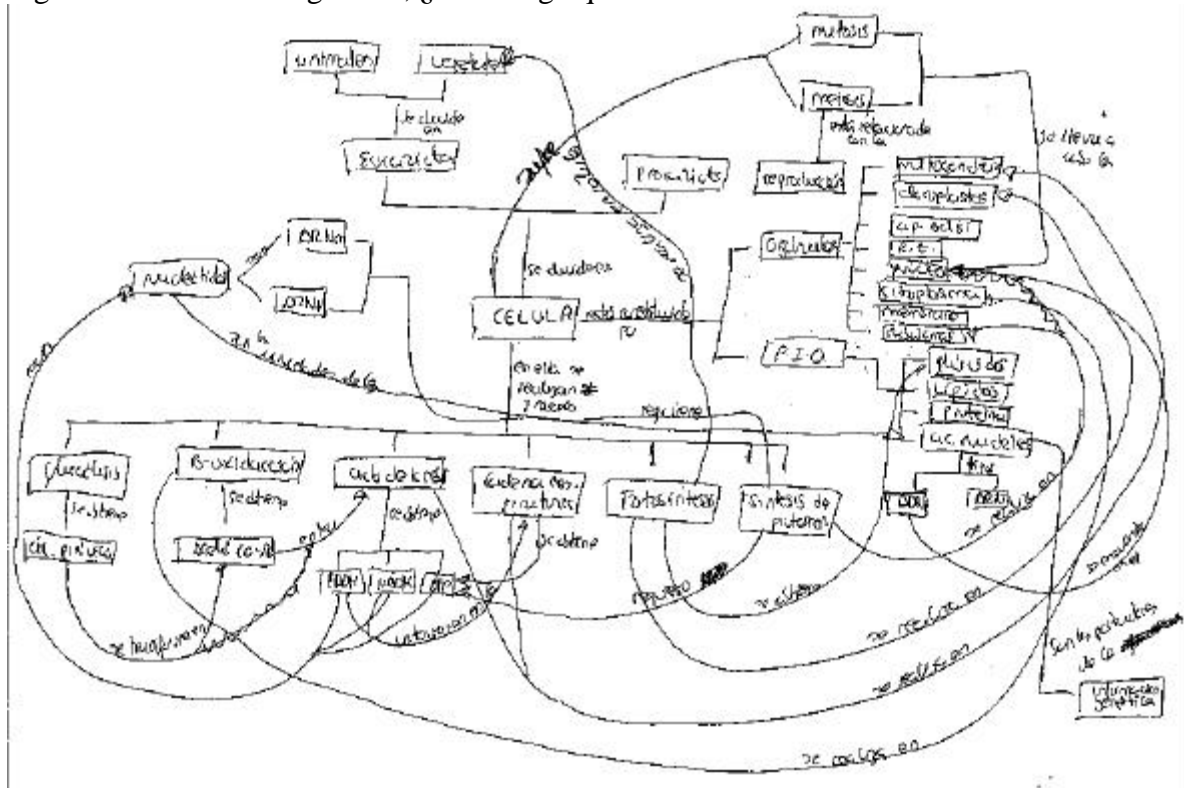


Ella misma confiesa sus problemas para entender la dinámica celular, para plasmarla y ratifica “su” funcionamiento-suma.

“No encuentro un dibujo que pueda relacionarlo con el funcionamiento de la célula, por eso, explico en pocas palabras lo que cada orgánulo hace”.

Al analizar su tercer mapa conceptual (21-5-97) no se observan muchos cambios; su célula sigue siendo dos cosas distintas: estructuras/procesos metabólicos, por un lado,

reproductores (mitosis y meiosis) por otro, estableciendo, eso sí, algunas conexiones entre unos y otros con nexos tan simples como “se realiza en”. En todo caso, la selección que lleva a cabo en esta ocasión es bastante más adecuada. Y vuelve a aparecer aquí lo que ya apareció en los mapas anteriores y en algún que otro registro: orgánulos/moléculas orgánicas; ¿Tiene algo que ver?



¿Cómo representa una célula y cómo la dibuja Virginia en el cuestionario final (29-5-97)? El dibujo es muy parecido al que hizo en octubre, sólo que ahora tiene más cosas, que no las identifica, pero son más elementos; la explicación es un poquito más rica que en aquella ocasión, pero tampoco muestra indicios de una comprensión aceptable al respecto. Esta joven ha evidenciado problemas y dificultades para entender cómo se comporta una célula que es, precisamente, lo que la dota de vida y la define como su unidad y cuando ha podido, recurre para hacerle frente a esta exigencia a una analogía; al solicitarle que diga con tres frases cómo funciona una célula, Virginia sólo hace dos:

- “Como una fábrica donde se obtiene energía.
- Como una máquina que es capaz de degradar moléculas y obtener así energía”.

Y si le pedimos que dibuje su funcionamiento, responde:

“No se me ocurre una forma de dibujar el funcionamiento de una célula”.

contestación que es igual a la que emitió en octubre y que ya también plasmó cuando se le solicitó que hiciera el dibujo para estructura y funcionamiento. En todo caso, hemos de admitir que su representación, como ya se comentó, se ha enriquecido y que, aunque sea levemente, le permite explicar ciertas cosas en términos muy diferentes de los que mostrara en ocasiones anteriores. Al demandarle que explique cómo cree que funciona una célula, nos encontramos una exposición que es distinta a la que ante la misma pregunta hiciera en el mes de octubre.

“El funcionamiento de una célula es muy complejo. Éste consta en la degradación de los principios inmediatos orgánicos para poder obtener energía en forma de ATP que es utiliza(da) por la célula para su funcionamiento o para realizar las funciones de relación, reproducción y nutrición. También dentro de la célula se sintetizan las moléculas necesarias para su funcionamiento. Dichos procesos se llevan a cabo dentro de los diferentes orgánulos.

La célula posee también la información necesaria para la síntesis de proteínas. Esta información se encuentra en el núcleo de la célula en el DNA. Gracias a esta información la célula puede regenerarse y transmitir a las células hijas la misma información genética que la de su madre”.

¿Qué nos encontramos en la entrevista que se hace a Virginia al finalizar el curso (5-6-97)? ¿Qué pasó por la cabeza de esta alumna mientras duró? La entrevista supone un dato contradictorio, una sorpresa. Los modelos mentales se generan en la hora, en el momento, como intermediarios para hacerle frente, como puente, a la realidad que se presenta y en esta ocasión Virginia, como es lógico, genera el suyo para poder responder a lo que se le pregunta. ¿Y qué ocurre? Cabría esperar que recuperase al menos la idea de célula que se desprende de sus últimos registros y no es éste el caso. El uso de conceptos específicos, sean estructurales o comportamentales, es limitadísimo y ello refuerza, sobre todo en este último caso, lo que ya se había deducido al respecto, corrobora las aseveraciones ya presentadas relativas a la incorporación y asimilación de los mismos, si bien es cierto que sorprende que no aparezcan elementos organulares, (más, si cabe, si tenemos en cuenta que una de las tareas solicitadas es interpretar una foto de microscopía electrónica en la que esta alumna no reconoce nada) en dicha entrevista pues los usa de forma bastante estable desde el principio de curso. De hecho, ella confiesa que el modelo que tiene ahora es el que ha tenido siempre, desde que empezó a estudiar lo que es célula. A lo largo de la conversación y al revisar sus producciones con ella, se observa que, efectivamente, mantiene los mismos esquemas, manifiesta la misma tendencia y un ejemplo es lo que se ha detectado ¡exactamente igual! en los tres mapas conceptuales y en algún que otro ejercicio. Veamos un extracto del diálogo mantenido que nos sirve de ejemplo de su forma de argumentar en esta ocasión.

Virginia : de células enteras, ¡mj !

ML : sí. ... ¿Se parece esto algo a la imagen que me describiste antes ?

Virginia : no.

ML : no.

Virginia : es que

ML : te das cuenta que estamos hablando de imágenes ¿no ?

Virginia : ¡ya ! ¡ya !

ML : entonces, ¿cuáles son las diferencias ? ... Es decir, tú tienes un modelo de célula.

Virginia : sí.

ML : y esto no plasma el modelo que tú tienes de célula.

Virginia : no.

ML : pues por eso es por lo que te lo decía, ¡ah ! pero esto son células.

Virginia : sí.

ML : por eso es por lo que te lo estoy preguntando ; se parece poco a tu modelo.

Virginia : sí, es que el modelo que tengo yo es muy ilegal ¿sabes ? como ... algo muyyy de, del que hemos tenido, bueno, el que he tenido siempre.

ML : cuando hablas de “siempre” ¿desde cuándo estamos hablando ?

Virginia : desde que empecé a estudiar ... lo que es la célula.

ML : ¿eso significaría que no se ha modificado nada o poco tu modelo desde el principio de curso hasta ahora ?

Virginia : síiii, ... sí ¡hombre ! ¡y tanto !, sí, se ha modificado mucho porque yo antes no pensaba que ..., que la célula por sí sola hiciera tantas funciones y tuviera, fuera tan compleja ¿no ?, pero, no sé, siempre que te digan “célula”, siempre te viene ésa, precisamente, esa imagen a la mente.

ML : esa imagen a la mente ; vamos a ver, me estás diciendo que en donde se ha enriquecido realmente lo que tú sabes de célula es en que no pensabas que fuera tan compleja, ..

Virginia : sí.

ML : ... y en que hiciera tantos procesos, en las cosas que hace, cómo funciona, me dijiste.

Virginia : ¡mj !

ML : bien ; ... pero cuando te he preguntado qué imagen te surge, en algunas cosas del funcionamiento de la célula me has dicho que no tienes un modelo. En este momento, ¿podrías de, decirme si tienes algún modelo de cómo funciona la célula ?

Virginia : ... *más bien no*

ML : ¿te surge alguna idea ..., te surge alguna forma gráfica del funcionamiento de la célula ?

Virginia : sí, *como una fábrica de ..., donde tiene lugar ... no sé, la, la obtención de energía, la síntesis de moléculas y eso.*

ML : gráficamente, lo que tienes en la mente en este momento es ... un funcionamiento celular similar a la fábrica.

Virginia : sí.

ML : ¡ya ! ... Vamos a ver por qué te lo digo ; ¡aaahhh ! da la sensación de que estás teniendo más dificultades para ver ¡eh !, para identificar cosas, es decir, desde tu modelo de célula, tanto de estructura como de funcionamiento, está habiendo problemas para interpretar lo que son imágenes reales de célula. ¿Me entiendes lo que te quiero decir ?

Virginia : sí, sí, sí.

ML : entonces, vamos a ver ; ¿dónde está el problema ahí ? Tú tienes una idea de cómo funciona la célula que es similar a la fábrica, hay cosas que entran, que salen, que se procesan.

Virginia : ¡mj !

ML : por lo que veo, tienes una imagen dinámica. ... Y tienes una imagen también de célula redonda, núcleo en el centro, esas cosas, con muchos orgánulos. Esa imagen que tú tienes de célula, hemos visto, ¿se ajusta a lo que la ciencia dice que es la célula ?

Virginia : no.

ML : ¿no se ajusta en nada, en nada ?

Virginia : *un poc, bueno, sí, sí se ajusta un poco pero nooo.*

ML : pero ... podríamos, entonces, admitir que has adquirido un conocimiento, que has aprendido cosas sobre la célula.

Virginia : sí.

ML : pero a la hora de plasmarlo en la interpretación de esta foto, te está costando.

Virginia : *me cuesta, sí.*

Virginia no imagina el funcionamiento, no lo modela, no trabaja con imágenes y cuando lo hace porque se le exige, el producto es muy pobre; tiene una estructura celular en su cabeza, un modelo de la misma muy rígido y muy resistente y una idea vaga, pobre, limitada de funcionamiento, un esquema insuficientemente explicativo en el ámbito de la Biología pero explicativo al fin y al cabo, que le permite defenderse en este terreno, por ejemplo, recurriendo a analogías que articula incluso aceptablemente en algunos casos (por ejemplo el símil) y que la dota también de una cierta capacidad predictiva manifestada a través de las pobres inferencias y deducciones que establece, pero inferencias al fin y al cabo, inferencias que no serían posibles si no se tuviera un mínimo modelo de su funcionamiento, como es este caso. Virginia ha trabajado básicamente a lo largo del curso y ha acabado el mismo con lo que se ha tipificado como un modelo B, dual, ha pensado y piensa en célula-estructura por un lado y en célula-funcionamiento, por otro, tímidamente en este último caso, pero por separado y eso es lo que el análisis y la interpretación de sus producciones y verbalizaciones parece habernos demostrado.

ANEXO N° 22:

GUSTAVO

NOMBRE: Gustavo

CURSO: COU A

FECHA: 3-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Proteínas, células, funciones, núcleo, ser vivo, mitocondria, aparato de Golgi, gránulos de Nilss, citoplasma, vacuolas, lisosomas, ribosomas, nucleolo, cromosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, membrana, centriolos, vegetales, animales, pared celular.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, células, principios inmediatos, citoplasma, animal, vegetal, orgánulos, vacuolas, cloroplastos, núcleo, aparato de Golgi, mitocondrias, organización, vida, funciones vitales, organismo, eucariotas, procariotas, membrana plasmática, ribosomas, pared celular, retículo endoplasmático liso, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, centriolo, ATP, energía, código genético.	Células, orgánulos, vida, nutrientes, lípidos, proteínas, anaerobios, ser vivo, energía, entropía, agua, anabolismo, catabolismo, núcleo, mitocondria, vacuola, vegetal, cloroplastos, nutrición, meiosis, ribosoma, retículo endoplasmático, animal, nucleolo, citoplasma, aparato de Golgi, pared celular, glúcidos, ATP.
FRASES	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRR AFOS	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 6)	Simple y pobre (frases sueltas. Ej: preg. 4 y 6).	Simple y pobre (varias veces: no hay ningún hilo conductor -frases sueltas)
USO DE LA INFORMACIÓN	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (¡muy pobre!)	Uso (1º y 3º) no uso (2º)	<ul style="list-style-type: none"> Glúcidos: bolitas. Proteínas: membrana plasmática. Lípidos: grasa, tejido adiposo (libro). Ácidos nucleicos: dibujos animados (Érase una vez la vida). Energía: fábrica llena de fuego. Entropía: fábrica llena de fuego. Célula: huevo frito . Catabolismo: derrumbe de un hotel. Reproducción: un niño naciendo. Anabolismo: construcciones -lo que están construyendo-. Ser vivo: pasillo lleno de gente. Nutrición: un vídeo (visto en 3º de BUP) de imágenes internas del digestivo.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo representar una célula?: como un huevo frito. Extrabiol./repetición de clase. ¿Cómo funciona?: como un reloj, me refiero a que tiene que funcionar siempre igual sin registrarse ningún error. Extrabiol./autónoma. Funciona de forma mecánica. Extrabiol./autónoma. En el dibujo de funcionamiento repite: todos sus componentes trabajan de forma mecánica, realizan sus funciones como un reloj. Cada uno tiene órdenes de lo que tiene que hacer y cómo lo tiene que hacer. En la preg. 6: la célula tiene que funcionar como un reloj; no te pueden fallar las células porque esto significaría que se le ha acabado la pila al reloj y deja de funcionar, es decir, se produce la muerte del individuo. Extrabiol./autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> ¿cómo representar una célula?: como un huevo frito. Forma esférica. Extrabiol./repetición de clase. Preg. 3: frases: es una fábrica donde se elaboran sustancias a partir de otras más complejas. Extrabiol./repetición de clase. ¡ojo! Complejas/simples y la finalidad, o sea, metabolismo, nada claro. Pondríamos obreros que realicen el trabajo más parecido al que desempeñan los orgánulos. Extrabiol./repetición de clase. Preg. 6: los ácidos nucleicos son los que mandan en la célula. Extrabiol./autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> célula: una sala de profesores -pág. 1 A. Extrabiol./autónoma. Catabolismo: derrumbe de un hotel. Extrabiol./autónoma. Funcionamiento. Fábrica. Pág. 9 A. Extrabiol./repetición de clase. Célula: huevo -pág. 14. Extrabiol./repetición de clase.

- Anotación hecha en la respuesta a la imagen de célula: (la misma imagen que en los dos cuestionarios). En la conversación: no debería ser un huevo frito -la clara con un montón de cositas-. Anotación de la primera lectura de la entrevista: imagen muy simple y pobre, y estática: sólo estructuras; comentario de 3-8-98: imagen de libro.
- Pág. 6: nota puesta en la primera lectura: grandes dificultades con la interpretación de la foto, incluso en cómo conceptualizarla.
- Pág. 7: 1º lectura: no hay significado en las frases; hace referencia a una imagen pero no es capaz de explicitarla; pasa lo mismo en pág. 10.
- Pág. 8 A: para interpretar la foto "te lo tienes que imaginar de otra manera porque aquí ¡mmm! un huevo frito es tu idea ...".
- Pág. 9 nota 1º lectura: "ve" parte por parte; no hay significado en la descripción. Y añadido (3-8-98) es un modelo de sumas : "ve" lo que hace cada elemento por separado.
- Pág. 13 A: pone en juego imágenes más que texto; aclara que para lo que tiene problemas es para dibujar y no para plasmar en imágenes. ¡la verdad es que no es lo mismo!
- Pág. 13 B: ideas sueltas.
- Pág. 14 (1): quizás esto sea una consecuencia lógica: al operar con proposiciones necesitan la información muy estructurada y ordenada pero ellos no son capaces de hacer eso; hay que darles la información ya así (21-11-97). Y ahora (3-8-98): ¡¿indeterminaciones?!

NOMBRE: Gustavo

CURSO: COU A

FECHA: 3-8-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, animal, vegetal, ciclo de Krebs, metabolismo, ciclo de Calvin. • 10 frases que, lógicamente, no considero porque no son conceptos.	O ₂ , CO ₂ , célula, orgánulos, metabolismo, anabolismo, catabolismo, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP, energía, organismo.	Célula, anabolismo, catabolismo, metabolismo, glúcidos, ATP, lípidos, reserva, proteínas, energía, ácidos nucleicos, ADN, código genético, animal, vegetal, membrana plasmática, núcleo, vacuolas, centriolo, retículo endoplasmático, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, cloroplastos, pared celular, lisosomas, organización, vida.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria (Ej: sólo 14 -se pidieron 15-, O ₂ , CO ₂ , no hay nada de estructuras celulares ni de procesos concretos).	Arbitraria (no hay procesos concretos ni funciones)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Nada significativas (Ej: sin significado)	Nada significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	En la explicación se muestra un error grave en catabolismo y anabolismo que parece haberse reestructurado correctamente en la entrevista	En la explicación sólo hay frases sueltas	

NOMBRE: Gustavo

CURSO: COU A

FECHA: 3-8-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, nutrientes, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, ribosoma, información, retículo endoplasmático liso, transporte, vacuola, mitocondria, desecho.	Vida, célula, orgánulos, proteínas, ácidos nucleicos, eucariota, procariota, núcleo, mitocondrias, cloroplastos, citoplasma, animal, vegetal, seres vivos, agua, organismo, funciones vitales, heterótrofos.	Energía, organismo, nutrientes, metabolismo, glúcidos, glucólisis, ciclo de Krebs, seres vivos, catabolismo, animales, anabolismo, vegetales, anaerobio, célula, ATP, fotosíntesis, sales minerales, monosacáridos, construcción, destrucción, desechos.	Dictiosomas, aparato de Golgi, mitocondrias, retículo endoplasmático rugoso, membranas, citoplasma, ribosomas, célula, animal, vegetal, orgánulos, nutrientes, seres vivos, energía, organismo, reacciones químicas, ciclo de Krebs, secreción, vesículas, lípidos.	Organismo, aminoácidos, proteínas, enzimas, holoproteínas, apoenzimas, catálisis, transaminación, desaminación, catabolismo, ARN, célula, inmunidad, anticuerpos, linfocitos, vacunas, antígenos, sistema inmunitario, respuesta inmunitaria, sueros.	Mutación, sobrecruzamiento, ligamiento, recombinación, organismo, gen, genoma, cromosoma, reproducción, reproducción asexual, gametos, reproducción sexual, herencia, sexo, haploidía, DNA, ácidos nucleicos, información genética, núcleo, mitocondria, RNA, hialoplasma, ribosoma, nucleoplasma, ciclo celular, mitosis, meiosis, citocinesis, profase, metafase, centriolos, anafase, huso, telofase, citoplasma, leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno, diacinesis, envoltura nuclear, nucleótidos, nucleósido, fenotipos, genotipo, centrómero.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor - suma de orgánulos)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor) (13-1-99: he dudado. Ej: célula)	Coherente y con aplicación (hay hilo conductor, ej: preg. 7 B)	Simple y pobre (Ej: célula o preg. 6)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre (Ej: preg. 2; sólo frases sueltas)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica (¡jojo! Error otra vez: animales/catabolismo y vtges./anabolismo)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres (Ej: preg. 5)	Pobres (Ej: preg. 3; hay alguna lógica; ej: preg. 7))	Pobres (Ej: preg. 5)	Pobres (Ej: sólo responde poco a una preg. de pcd.)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (sin embargo: núcleo. Función de control; mitocondria: se parece a una fábrica; ¡está en el dibujo pero él usa esto para explicar!)	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Gustavo

CURSO: COU A

FECHA: 3-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> 1° dibujo: no nombra nada. 2° dibujo: no nombra nada y hay un texto al lado del mismo. <p>Mitocondrias, aparato de Golgi, citoplasma, gránulos de Nilss, retículo endoplasmático, cromosomas, núcleo, nucleolo, vacuolas, lisosomas, ribosomas.</p> <ul style="list-style-type: none"> analogías que figuran en el cuestionario. 	<ul style="list-style-type: none"> no hace 2° dibujo; explica analogía con la fábrica. <p>Citoplasma, mitocondrias, vacuolas, núcleo, cloroplastos, aparato de Golgi, orgánulos, célula, animal, vegetal, ribosomas, membrana plasmática, pared celular, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, centriolo.</p> <ul style="list-style-type: none"> analogías que figuran en el cuestionario. 	<p>Membrana plasmática, proteínas, citoplasma, célula, ADN, ARN, mitocondria, glucólisis, aparato de Golgi, ácidos nucleicos, vacuola.</p>
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡ni eso!)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (¡¡!! Pero no delimita las estructuras de los orgánulos; sólo los nombra)	Identificación	Identificación (¡muy pobre y limitada!) y comentarios de dos funciones con palabras y frases (¡una incorrecta!)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Gustavo

CURSO: COU A

FECHA: 3-8-98

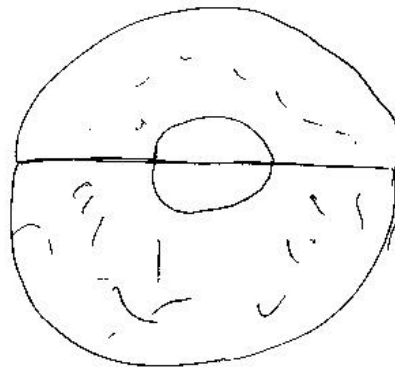
INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Proteínas, células, funciones, núcleo, ser vivo, mitocondria, aparato de Golgi, gránulos de Nils, citoplasma, vacuolas, lisosomas, ribosomas, nucleolo, cromosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, membrana, centriolos, vegetales, animales, pared celular.
Origen de la vida 18/11/96	Vida, célula, orgánulos, proteínas, ácidos nucleicos, eucariota, procariota, núcleo, mitocondrias, cloroplastos, citoplasma, animal, vegetal, seres vivos, agua, organismo, funciones vitales, heterótrofos.
ex. GLUC. 9/12/96	Energía, organismo, nutrientes, metabolismo, glúcidos, glucólisis, ciclo de Krebs, seres vivos, catabolismo, animales, anabolismo, vegetales, anaerobio, célula, ATP, fotosíntesis, sales minerales, monosacáridos, construcción, destrucción, desechos.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, animal, vegetal, ciclo de Krebs, metabolismo, ciclo de Calvin.
ex. LÍP. 26/2/97	Dictiosomas, aparato de Golgi, mitocondrias, retículo endoplasmático rugoso, membranas, citoplasma, ribosomas, célula, animal, vegetal, orgánulos, nutrientes, seres vivos, energía, organismo, reacciones químicas, ciclo de Krebs, secreción, vesículas, lípidos.
ex. PROT. 14/3/97	Organismo, aminoácidos, proteínas, enzimas, holoproteínas, apoenzimas, catálisis, transaminación, desaminación, catabolismo, ARN, célula, inmunidad, anticuerpos, linfocitos, vacunas, antígenos, sistema inmunitario, respuesta inmunitaria, sueros.
Mapa conceptual 2 1/4/97	O ₂ , CO ₂ , célula, orgánulos, metabolismo, anabolismo, catabolismo, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP, energía, organismo.
ex. AN. 12/5/97	Mutación, sobrecruzamiento, ligamiento, recombinación, organismo, gen, genoma, cromosoma, reproducción, reproducción asexual, gametos, reproducción sexual, herencia, sexo, haploidía, DNA, ácidos nucleicos, información genética, núcleo, mitocondria, RNA, hialoplasma, ribosoma, nucleoplasma, ciclo celular, mitosis meiosis, citocinesis, profase, metafase, centriolos, anafase, huso, telofase, citoplasma, leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno, diacinesis, envoltura nuclear, nucleótidos, nucleósido, fenotipos, genotipo, centrómero.
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana, célula, nutrientes, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, ribosoma, información, retículo endoplasmático liso, transporte, vacuola, mitocondria, desecho.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Membrana plasmática, proteínas, citoplasma, célula, ADN, ARN, mitocondria, glucólisis, aparato de Golgi, ácidos nucleicos, vacuola.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, anabolismo, catabolismo, metabolismo, glúcidos, ATP, lípidos, reserva, proteínas, energía, ácidos nucleicos, ADN, código genético, animal, vegetal, membrana plasmática, núcleo, vacuolas, centriolo, retículo endoplasmático, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, cloroplastos, pared celular, lisosomas, organización, vida.
Cuestionario final 29/5/97	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, células, principios inmediatos, citoplasma, animal, vegetal, orgánulos, vacuolas, cloroplastos, núcleo, aparato de Golgi, mitocondrias, organización, vida, funciones vitales, organismo, eucariotas, procariotas, membrana plasmática, ribosomas, pared celular, retículo endoplasmático liso, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, centriolo, ATP, energía, código genético.
Entrevista. 10/6/97	Células, orgánulos, vida, nutrientes, lípidos, proteínas, anaerobios, ser vivo, energía, entropía, agua, anabolismo, catabolismo, núcleo, mitocondria, vacuola, vegetal, cloroplastos, nutrición, meiosis, ribosoma, retículo endoplasmático, animal, nucleolo, citoplasma, aparato de Golgi, pared celular, glúcidos, ATP.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, mitocondria, aparato de Golgi, orgánulo de Nilss, citoplasma, vacuolas, lisosomas, ribosomas, nucleolo, cromosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, membrana, centrilos, pared celular.	Orgánulos, núcleo, mitocondrias, cloroplastos, citoplasma.	-	-	Dictiosomas, aparato de Golgi, mitocondrias, retículo endoplasmático rugoso, membranas, citoplasma, ribosomas, orgánulos, vesículas.	-	-	Cromosoma, núcleo, mitocondria, hialoplasma, ribosoma, nucleoplasma, centriolos, huso, citoplasma, envoltura nuclear, centrómero.	Membrana, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, ribosoma, retículo endoplasmático liso, vacuola, mitocondria.	Membrana plasmática, citoplasma, mitocondria, aparato de Golgi, vacuola.	Membrana plasmática, núcleo, vacuola, centriolo, retículo endoplasmático, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, cloroplastos, pared celular, lisosomas.	Citoplasma, orgánulos, vacuolas, cloroplastos, núcleo, aparato de Golgi, mitocondrias, membrana plasmática, ribosomas, pared celular, retículo endoplasmático liso, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, centriolo.	Orgánulos, núcleo, mitocondria, vacuola, cloroplastos, ribosoma, retículo endoplasmático, nucleolo, citoplasma, aparato de Golgi, pared celular.	AG6,centriolo3,centrómoro1,ctpl7,clpt4,crma2,dictiosoma1,envnucl1,hpl1,liss2,mnbr6,mmbrplasm3,mitc9,núcl7,nucl o2,nucleoplasma1,org5,paredcel4,RE6,REL3,RER4,rib7,vesc1.
Moléculas	Proteínas.	Proteínas, ácidos nucleicos, agua.	Nutrientes, glúcidos, ATP, sales minerales, monosacáridos.	-	Nutrientes, lípidos.	Aminoácidos, proteínas, enzimas, holoproteínas, apoenzimas, ARN.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP.	Gen, DNA, ácidos nucleicos, RNA, nucleótidos, nucleósido.	Nutrientes.	Proteínas, ADN, ARN, ácidos nucleicos.	Glúcidos, ATP, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, principios inmediatos, ATP.	Nutrientes, lípidos, proteínas, agua, glúcidos, ATP.	AN6,ADN2,agua2,aa1,apoenz1,ARN3,ATP5,enz1,gen1,glúc5,holoprot1,líp5,monosac1,nucl eósido1,nucl eótido1,nutri ente4,PI1,pro t8,sm1.
PROCESOS Mts.	-	Heterótrofos.	Metabolismo, glucólisis, ciclo de Krebs, catabolismo, anabolismo, fotosíntesis, construcción, destrucción, desecho.	Ciclo de Krebs, metabolismo, ciclo de Calvin.	Ciclo de Krebs, secreción.	Catálisis, transaminación, desaminación, catabolismo.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo.	-	Desechos.	Glucólisis.	Anabolismo, catabolismo, reserva.	-	Anaerobios, anabolismo, catabolismo, construcción, destrucción.	Anb4,anaerb1,cat5,catalísis1,cKrebs3,desaminación1,desecho2,destrucción2,fts1,glucólisis2,heteróf1,mtb4,secrec1,síntesis1,transaminación1.
Otros	Funciones.	Funciones vitales.	-	-	-	-	-	Mutación, sobrecruzamiento, ligamiento, recombinación, reproducción.	Transporte.	-	-	Funciones vitales.	Nutrición, meiosis.	Anaf1,citocinesis1,diploteno1,funciones3,FV2,meiosis2,metaf1,mitosis1,nut1,prof1,rep1,ra sex1,rsex1,so

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
								reproducción sexual, reproducción asexual, haploidía, ciclo celular, mitosis, meiosis, citocinesis, profase, metafase, anafase, telofase, leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno, diacinesis.						bre cruz1, telof1, transporte 1.
CONCEP's GRALES:	Células, ser vivo, vegetales, animales.	Vida, célula, eucariota, procariota, animal, vegetal, seres vivos, organismo.	Energía, organismo, seres vivos, animales, vegetales, célula.	Célula, animal, vegetal.	Célula, animal, vegetal, seres vivos, energía, organismo, reacciones químicas.	Organismo, célula.	Célula, energía, organismo.	Organismo, herencia, información genética.	Célula, información.	Célula.	Célula, energía, animal, vegetal, organización, vida.	Células, animal, vegetal, organización, vida, organismo, eucariotas, procariotas.	Células, ser vivo, energía, entropía, vegetal, animal.	Ani8, célula1 2, energía5, entropía1, eucar2, genética1, herencia1, información2, info gen1, organismo7, organización2, procr2, reac1, reacq1, svv5, vgt8, vida3.
OTROS CONCEP's	-	-	-	-	-	Inmunidad, anticuerpos, linfocitos, vacunas, antígenos, sistema inmunitario, respuesta inmunitaria, sueros.	-	Genoma, gametos, sexo, fenotipos, genotipo.	-	-	Código genético.	Código genético.	-	Anticuerpo1, antígeno1, código gen2, fenotipo1, gameto1, genoma1, genotipo1, inmunidad1, linfocito1, respuesta1, sexo1, sistema inmunitario1, suero1, vacuna1.
MODELO	A	A	B	A	A	B	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A

Gustavo comienza el curso construyendo como puente entre su estructura cognitiva y la realidad celular que se le presenta una representación de dicha entidad que básicamente es estructural, una cosa física a la que le incorpora de nombre muchos elementos pero que no sabe delimitar ni lo que realizan, más bien no deben realizar nada a juzgar por su forma de responder a las preguntas del cuestionario inicial (22-10-96). En el mismo usa un lenguaje libresco que articula con cierta estructura pero que no es más que repetición mecánica de información. Establece algunas deducciones, algunas inferencias y eso debe ser posible porque genera alguna idea de su funcionamiento, lo que le permite también construir, visualizar, utilizar analogías para explicarlo, analogías que requieren un cierto grado de correlación entre los elementos reales y analógicos; al explicarlas es cuando se detecta que sí que existe en su mente esa vaga idea de comportamiento que lo lleva a elegir elementos similares en su forma de actuar, pero lo cierto es que trabaja con una célula que es básicamente estructural a la que no le atribuye más concepto dinámico que “funciones”, usando también muy pocos conceptos generales que, en todo caso, le hubiesen podido, también, explicar dicho dinamismo en cierta medida sin tener que recurrir obligatoriamente a los conceptos específicos. Cuando se le pide cómo representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, responde:

“Como un huevo frito esférico. La yema sería el núcleo y lo demás son el resto de sus componentes.”

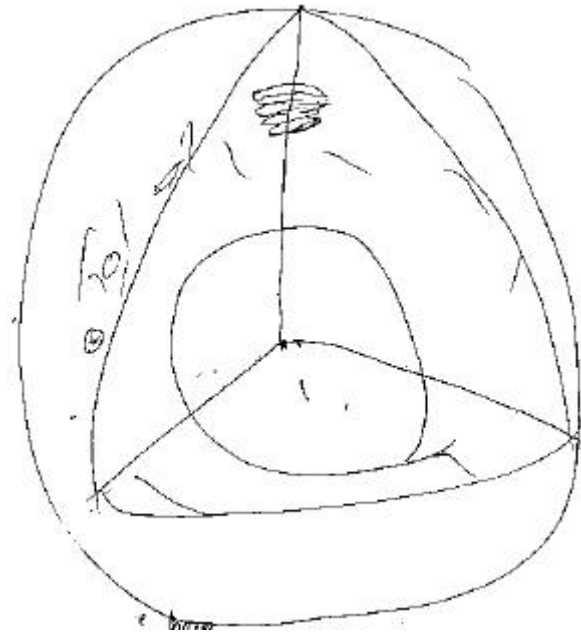


Mariluz, imagínate una esfera alrededor del supuesto huevo frito”.

Efectivamente, su célula no es más que un “huevo frito”, no tiene ni siquiera un contenido definido, lo que significa que incluso en términos estructurales también tiene una concepción muy pobre de la misma. ¿Qué diría si tuviera que expresar con tres frases cómo funciona? Aquí ya empiezan a aparecer las analogías; la que establece con el reloj es totalmente autónoma, personal, usando a medida que avanza el curso algunas otras también personales y que han surgido o se han sugerido en discusiones mantenidas en clase.

- *“<<Como un reloj>>, me refiero a que tiene que funcionar siempre igual, sin registrarse ningún error.*
- *Trabaja por nosotros realizando las funciones que nosotros necesitamos que realice.*
- *Funciona de forma mecánica”.*

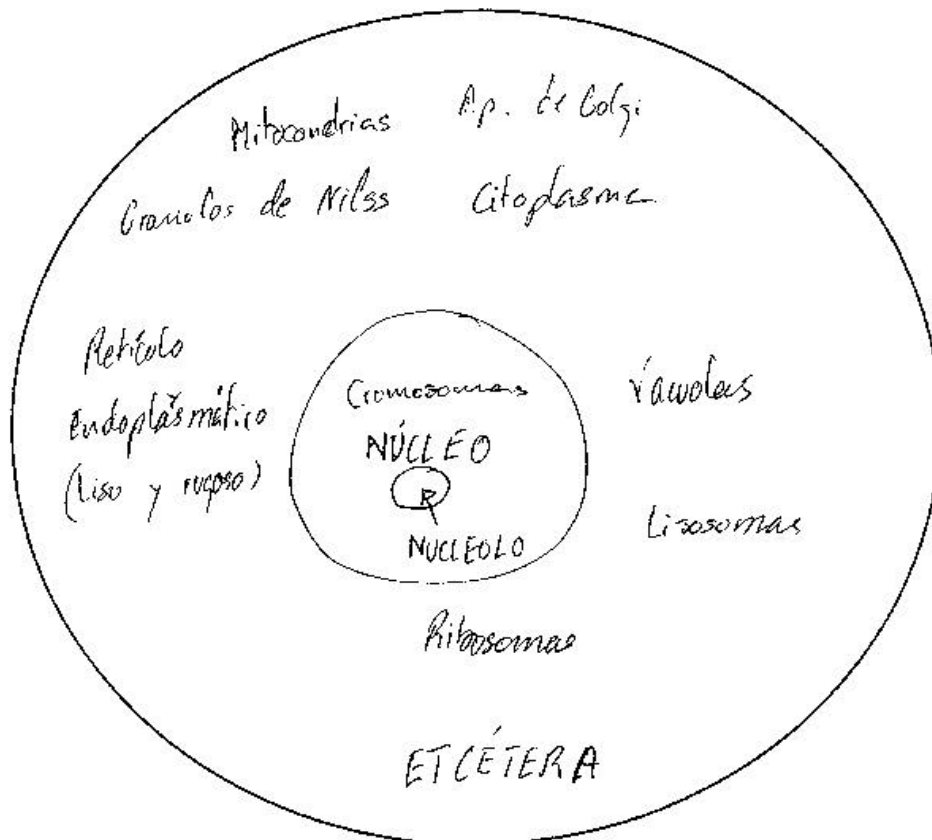
¿Y “ve” Gustavo ese funcionamiento? ¿Lo plasma en un diseño? ¡No puede! Hace nuevamente un simplísimo dibujo que tampoco identifica su contenido característico y añade con más detalle la misma analogía del reloj. Lógicamente, no establece correlaciones finas, concretas, sino solamente una idea general probablemente porque no delimita los distintos elementos constituyentes de dicha célula, hablando sólo en términos generales de “componentes”.



“Todos sus componentes trabajan de forma mecánica, realizan sus funciones como un reloj. Cada una tiene órdenes de lo que tiene que hacer y cómo lo tiene que hacer”.

Y esos componentes, por lo que se ve, no son más que palabras, “tokens” constituyentes que él rescata de su memoria pero sin asignarle una estructura y, ni mucho menos, un papel biológico específico; eso es lo que se desprende de la forma de contestar a la siguiente pregunta:

- Si lo siguiente fuera una célula ¿qué pondrías dentro?



Gustavo piensa la célula como una estructura, una pobre estructura que, a su vez, está formada por otras que recupera, cuanto menos de nombre, de su archivo y que ubica relativamente en la misma, pero es sólo eso: estructura. Un ente, en todo caso, esa célula, dotado de una forma de actuar que él percibe pero que no comprende en toda su complejidad y para lo que no tiene los elementos conceptuales necesarios y suficientes para poder explicarla; y ante esa imposibilidad explicativa, ¡y también predictiva!, echa mano de la analogía del reloj como intermediaria para poder captar la célula como entidad biológica si no en todo, ya que para ello requiere una estructura conceptual que no ha construido, sí en parte. Formalmente su modelo sería en este momento un modelo mental A, como muestra el hecho de que para explicar cómo cree que es ese funcionamiento, utiliza un gran espacio, la mayoría, de su respuesta a abordar, precisamente, estructuras, pero desde el que intuye, con esa analogía, el papel que la célula tiene en el comportamiento de la materia viva.

“La célula se compone de una parte exterior rodeada de una membrana. En su interior hay un nucleolo, rodeado a su vez por un núcleo. En el espacio que hay entre la membrana y el núcleo se encuentra el citoplasma disuelto rodeando los componentes de la célula como el aparato de Golgi, ribosomas, vacuolas, centriolos, etc.

Cabe señalar diferencias entre células vegetales y animales. Por ejemplo: la pared celular, las vacuolas, etc son componentes de los vegetales. También hay componentes exclusivos de los animales, y también hay componentes comunes tanto de células vegetales como de células animales. Cada uno de los componentes realiza una función. Por ejemplo la pared celular da rigidez al borde de la célula vegetal. No te voy a explicar cada componente porque no acabo. Me tengo que haber olvidado de algún que otro componente pero es porque no lo recuerdo ahora.

La célula tiene que funcionar como un reloj, no te pueden fallar las células porque esto significaría que se le ha acabado la pila al reloj y deja de funcionar, es decir, se produce la muerte del individuo”.

Es evidente que tiene una idea muy intuitiva de una forma concreta de actuar que hace de la célula para él algo más que una estructura, pero opera cuando se explica con un lenguaje muy libresco que articula con dificultad, lo que se interpreta como limitación explicativa, plasmando en su discurso una información repetitiva, pasiva, mecánica que no da signos de comprensión por su parte. En el examen de Origen de la vida (18-11-96) ésta es la tónica dominante. El concepto célula lo explica en los siguientes términos:

“Es la parte más pequeña que se compone de vida. En ella hay una cantidad de orgánulos que realizan funciones sobre las proteínas, ácidos nucleicos, etc.

La célula se divide en eucariota y procariota. La primera con núcleo y la segunda sin él y sin mitocondrias y cloroplastos en su citoplasma. La célula eucariota se divide en animal y vegetal”.

En este ejercicio usa muy pocos conceptos relativos al comportamiento celular, aunque tampoco es que use muchos estructurales, pero la explicación anterior nos ofrece un aspecto relevante: “los orgánulos realizan funciones sobre las moléculas”, lo que da una idea de proceso, de algo dinámico en la mente de Gustavo cuando piensa en la célula. Esas levísimas interacciones le permiten hacer algunas pobres deducciones, como muestra lo siguiente:

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchon y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.

- Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“Se deshinchán y arrugan pues el agua que contienen en su interior se va hacia el exterior (el mar) para intentar igualar la concentración que se encuentra en el exterior. Cuando está vivo su organismo regula este proceso.

Cuando un ser vivo está en contacto con agua salada situada en el exterior éste expulsa mediante la piel agua para intentar igualar la concentración de la disolución que se produce en el exterior. Las papas, cuando hacemos papas arrugadas, expulsan el agua para intentar igualar la concentración de agua con sal que hay en el exterior de la misma y dentro del caldero o la (h)olla”.

Deduce ciertas cosas, infiere y anticipa algunos comportamientos, si bien es cierto que no es capaz de explicar por qué ese fenómeno no ocurre cuando el animal está vivo y, por lo tanto, qué es lo que supone el mantenimiento de esta condición –vida- en términos fisiológicos. Cabría pensar, pues, que aunque está trabajando mentalmente con un modelo estructural de la célula casi exclusivamente a juzgar por el uso que hace de los conceptos, este alumno está incorporando o está generando una idea funcional, un esquema que atiende a su forma de actuar y podemos admitir que el examen de Glúcidos (9-12-96) es un ejemplo de ello; en esta ocasión las frases que usa y la forma de tratar la información que sigue son similares a lo anterior pero es capaz de hilvanar un discurso que no sería posible si no hubiese adquirido una mínima capacidad explicativa al respecto, si no utilizara o no incorporara al mismo, aunque sea mecánicamente, esos conceptos metabólicos que justifican dicho comportamiento. Más bien parece en este examen que Gustavo ha olvidado “su” célula-estructura y está construyendo una célula-funcionamiento que poco tiene que ver con aquélla hasta el extremo de que en todo el ejercicio, en todas sus explicaciones no utiliza ni un solo concepto estructural. Ese doble nivel lo lleva a adquirir una comprensión limitada ya que no se articula en la globalidad de lo que la célula es y hace, una pobre comprensión que desemboca en errores y ambigüedades que dan prueba de esa limitación, evidenciando, por ejemplo, que no se entiende el funcionamiento energético de la célula, cosa que no ocurriría si se pensara al tiempo en estructura y en comportamiento, es decir, en la finalidad de los procesos que hace cada uno de los elementos constituyentes de una célula y en sus interacciones. Lo que hace Gustavo ante la demanda de explicar metabolismo es un ejemplo de ello.

“Se refiere a los procesos que se producen en los seres vivos, tanto de construcción como de destrucción.

Catabolismo: (fase de destrucción), a partir de moléculas complejas se llega a moléculas sencillas para su utilización. Los animales son los seres catabólicos, los que se aprovechan de este proceso para utilizar estas moléculas.

Anabolismo: (fase de construcción), a partir de moléculas sencillas se llega a moléculas complejas. Los vegetales son los que realizan este proceso”.

Y tenemos más datos en este mismo examen de esos problemas; cuando se le plantean algunas cuestiones de razonamiento centradas en ese funcionamiento energético, este estudiante hace rotar su modelo dual sólo en parte, pone en acción y ejecuta sólo su esquema funcional, evidenciando las dificultades de comprensión ya comentadas y no cayendo en la cuenta, por ejemplo, de que las células vegetales también tienen mitocondrias y éstas lo que hacen es degradar, combustionar, o no haciendo ninguna referencia a las estructuras celulares en la última de ellas.

a) *“Porque tiene la facultad de poder usar el oxígeno, así no gasta tanta energía.*

- b) *Quizás sí, pero hay que tener en cuenta que hay seres anaerobios (animales). Los vegetales toman CO₂ del medio para su utilización en forma de (no lo recuerdo).*
- c) *Sí. Ambos se producen igualmente, uno con más frecuencia que otro pero se producen ambos.*
- d) *No, los glúcidos son la fuente de energía para la célula y ésta no podría funcionar. Gracias a la célula se almacena glucógeno (animal) y almidón (vegetal) que nos sirve como fuente de energía”.*

Ese modelo dual, ese doble esquema que parece haber generado este alumno para el presente ejercicio le permite, como es lógico, predecir, interpretar, deducir con limitaciones ya que no lo dota de una comprensión global que haga que aquéllas sean elaboradas; puede anticipar algunos comportamientos y detectar algunas correlaciones porque tiene en su mente una estructura por un lado y un funcionamiento por otro que conecta aunque sea levemente y de esto también tenemos un ejemplo:

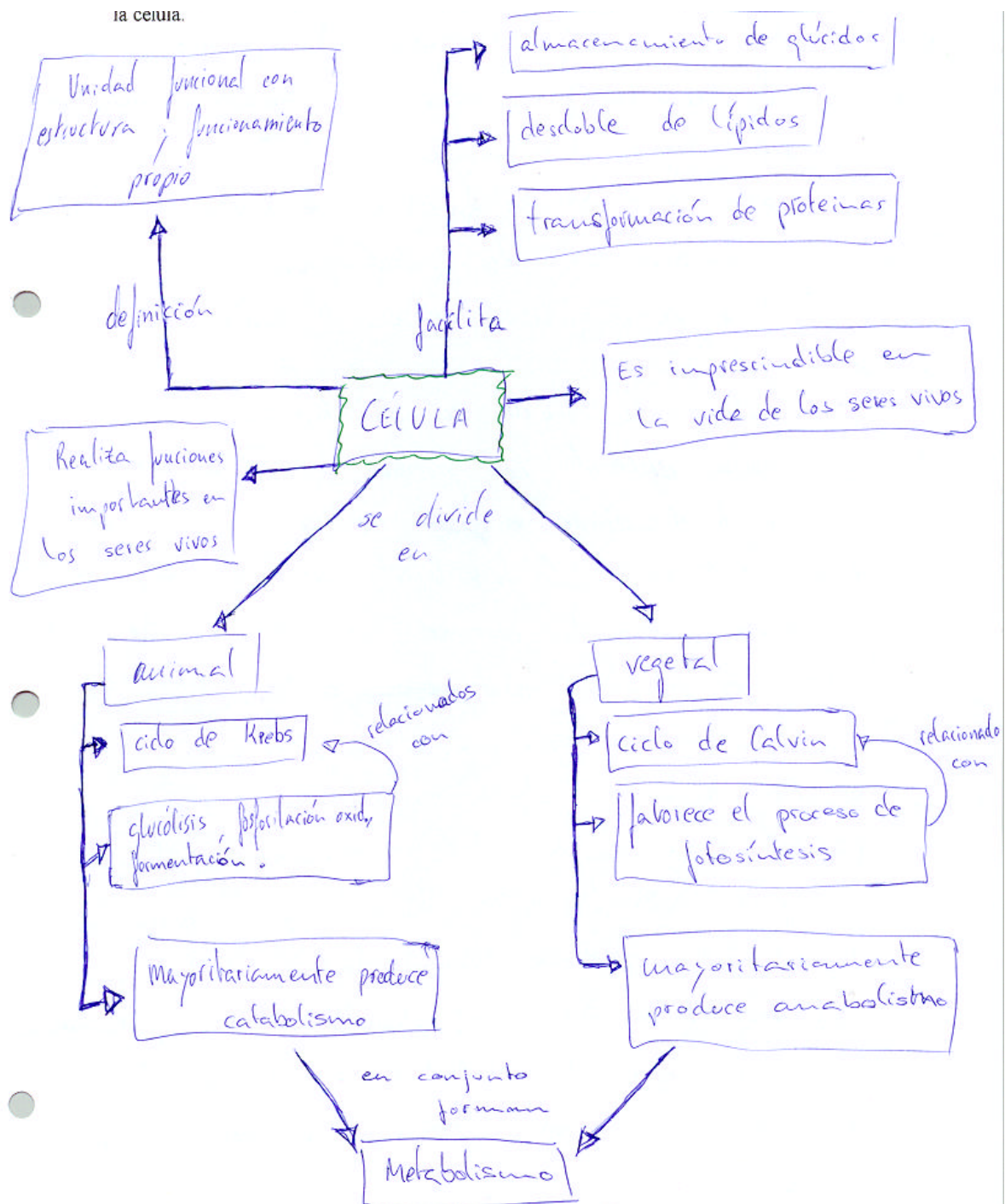
- “ En 1906, Gandhi ideó su primera campaña de resistencia no violenta, durante la cual mantuvo diferentes huelgas de hambre, consistentes en prolongados ayunos voluntarios. En España, recientemente, un grupo de personas solidarias con los habitantes del Tercer Mundo ha recurrido a este medio de protesta para solicitar un aumento del porcentaje del Producto Interior Bruto (PIB) (del 0,3% al 0,7%) que se destina a la ayuda de estas zonas desfavorecidas. La huelga de hambre no está exenta de riesgos por cuanto el organismo, aun en estado de reposo absoluto, consume una cantidad de energía ; es lo que se conoce como metabolismo basal”. (Rodríguez Álvarez y Cruz León).
 - Haz un comentario crítico aprovechando lo que comenta el texto y tus conocimientos de Biología.
 - ¿Por qué hay riesgos ? ¿cuáles son ?. Utiliza el mayor número de argumentos biológicos posible.

“A: Si dejamos de alimentarnos nuestro cuerpo no puede sintetizar esos alimentos y por tanto no se fabrica energía o por lo menos no con tanta facilidad.

En nuestro metabolismo se producirían grandes tra(n)stornos metabólicos y podría(n) incluso llevarnos a la muerte.

B: Sin energía no somos nada. Gastamos energía constantemente tanto si corremos como si dormimos. Después de comer nos acostamos (casi siempre), entonces ¿por qué tenemos apetito por la mañana (?). Es porque quemamos la energía. Hay unos riesgos enormes de muerte si no nos alimentamos con frecuencia (unas tres veces al día). Nuestro cuerpo por varios procesos que hemos visto en el tema de glúcidos (glucólisis, ciclo de Krebs o cítrico, etc) produce glucógeno que es almacenado en el hígado y en los músculos para su utilización a medida que se necesite. A modo de conclusión si no comemos no obtenemos energía y por lo tanto morimos. También si comemos mal o muy poco se producen graves enfermedades como la anorecc(x)ia”.

Como vemos, articula con lógica, “con cierta lógica”, y razona de manera bastante válida incorporando, eso sí, errores biológicos serios cuando descende al terreno celular por falta de una comprensión global de su funcionamiento o, también en el ámbito de la termodinámica, pues la energía no se fabrica. Su primer mapa conceptual (9-1-97) ¡no es un mapa conceptual! sino que es un esquema que incorpora nada menos que diez frases; su selección, lógicamente, es arbitraria y no muestra nada de significado en las relaciones que establece, no les atribuye ningún sentido. Evidencia, además, un error que ya se explicitara en el examen anterior: las células vegetales mayoritariamente hacen anabolismo y las animales catabolismo, lo que corrobora lo que ya se había detectado sobre su ausencia de comprensión del comportamiento físico-químico de la célula, de su forma tan compleja, ¡nadie lo niega!, de procesar la materia y la energía.



Ese mismo modelo genéricamente estructural con algunas tímidas incursiones en el terreno funcional es el que pone Gustavo en su cabeza al hacer el examen de Lípidos (26-2-97). Nuevamente observamos los mismos signos, la misma forma de tratar la información, el mismo discurso. De hecho, usa casi exclusivamente conceptos estructurales –organulares- y sólo ciclo de Krebs y secreción como procesos. ¿Podría concluirse que piensa en otra cosa que no sea su estructura? Veamos cómo explica el concepto célula en esta ocasión.

“La podemos definir como una estructura organizada. La célula se divide en célula animal y célula vegetal. Se compone de diferentes orgánulos, todo depende de si es animal o vegetal. La célula utiliza los nutrientes de los seres vivos para obtener energía. Las

células las podemos encontrar formando parte de los tejidos, tanto animales como vegetales.

La célula funciona a partir de los nutrientes que le llegan. La célula necesita del exterior no puede sobrevivir sin la ayuda del organismo, aislada”.

“La célula, la célula, la célula”, los animales y los vegetales están formados por células, la animal y la vegetal, ... ¡Hay que ver cómo insiste en esas mismas ideas! y sólo la última frase hace referencia a su forma de actuar, a su dependencia del medio, etc. pero sin recuperar lo que ya se ha trabajado para explicar esa interacción. De todos modos, sigue pudiendo establecer algunas pobres deducciones pero deducciones, al fin y al cabo, que hacen pensar que tiene cierta capacidad predictiva, que tiene ciertos elementos en su representación mental, como se acaba de exponer, que, si bien no lo dotan de poder explicativo biológicamente consistente, le permiten ciertas posibilidades para razonar válidamente. Un ejemplo lo tenemos en lo siguiente.

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

“Sí. Una característica de los lípidos es que dan elasticidad por eso una persona más gorda de lo normal y con edad avanzada tiene la cara más lisa que las personas de peso normal y más aún que las personas delgadas. Por eso se utilizan cremas con componentes de lípidos para que la cara permanezca lisa y no se arrugue.

Una actividad es la anteriormente nombrada ejerciendo un control respecto al resto de personas de elevado peso con relación con personas de un peso más adecuado o normal.

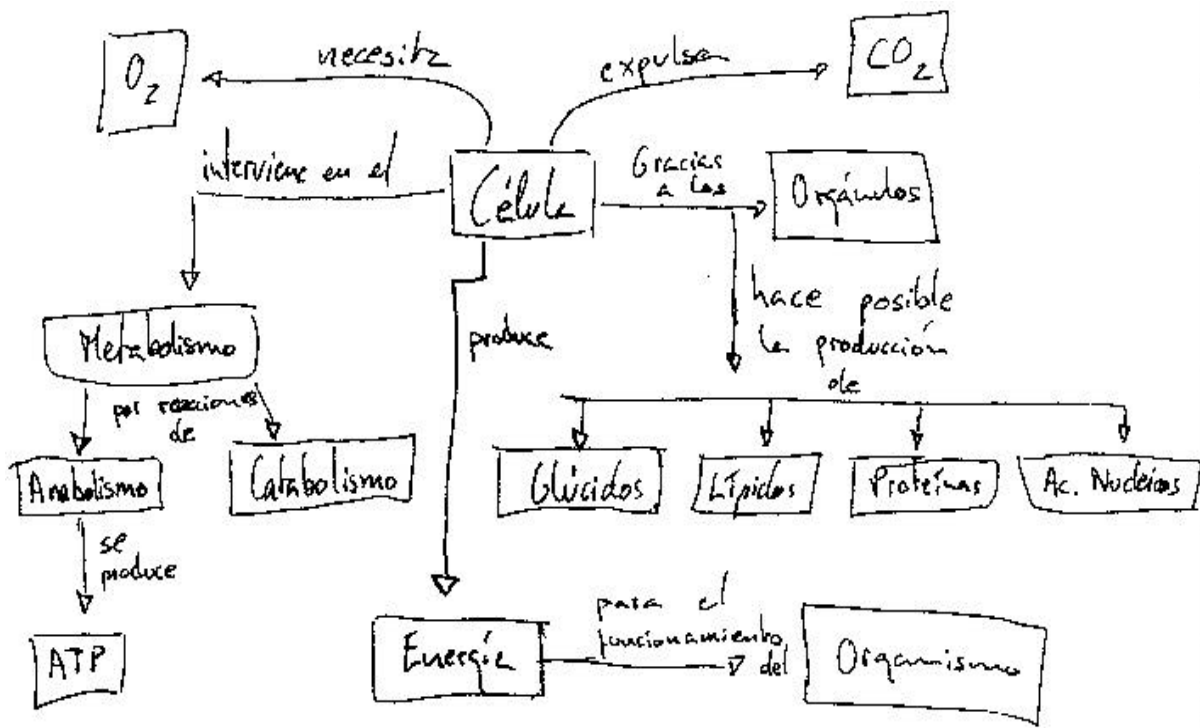
Aplicando la misma cantidad de crema observamos que el rejuvenecimiento es mayor en la persona de peso normal, pero cuidado, tenemos que tener en cuenta que la persona gorda tiene en proporción la cara más lisa y las cremas hacen un menor efecto que sobre el rostro de la persona más delgada”.

El examen de Proteínas (14-3-97) nos presenta otra curiosidad: genera una mayor capacidad explicativa, lo que se deriva de su forma de articular el discurso que comunica y ello se interpreta como la consecuencia de un trabajo mental en un doble nivel, un nivel que ya no es sólo estructural puesto que puede o le permite expresar con cierta lógica explicaciones relativas al comportamiento celular. Pero llama poderosamente la atención que vuelve a no usar ¡ni un solo concepto organular! Recurriendo en el ámbito estructural al uso de conceptos moleculares. De este modo, su comprensión global sigue siendo baja y una muestra la tenemos cuando explica qué le pasaría a la estructura y al funcionamiento celular si no existieran los enzimas; este joven no capta la esencia de la acción enzimática, su finalidad, que no siempre se rompe sino que a veces supone construir moléculas, construir la propia materia viva, porque lo que hace un enzima es disminuir la energía libre de activación de la reacción en la que interviene.

“No podría ser posible ni el funcionamiento celular ni la estructura, pues las enzimas son encargadas de romper los enlaces. También en el catabolismo de las proteínas producen el funcionamiento del ARN (mensajero). Se producen estructuras más simples y se posibilita el funcionamiento de la célula”.

Obsérvese que se muestran signos de pensar en algún funcionamiento y que eso es lo que mas se destaca, ya que “estructuras” se está usando en términos moleculares, de reacción, pero que no se ha generado comprensión de los procesos implicados, confundiendo incluso anabolismo y catabolismo, así como sus finalidades respectivas.

El segundo mapa conceptual que hace Gustavo (1-4-97) tiene como diferencia casi exclusiva con respecto al anterior que es un mapa conceptual; en esta ocasión la demanda era la misma: explicar lo que se sabe sobre la estructura y el funcionamiento de una célula, pero sólo con quince conceptos. Los selecciona arbitrariamente, los une con nexos simples, no atribuye significado a las proposiciones que construye, ¡no tienen sentido!, y no jerarquiza, plasmando, además, errores importantes desde el punto de vista biológico (anabolismo produce ATP), algunos de los cuales ya se han manifestado en instrumentos anteriores. Su explicación de dicho mapa no es más que un conjunto de frases sueltas que no tienen articulación alguna y nuevamente están ausentes de este registro los conceptos organulares. ¿Pensó en una célula Gustavo cuando lo hizo? ¿Qué es lo que representó para hacerlo?



“La célula interviene en el metabolismo por reacciones de anabolismo donde se produce ATP y por reacciones de catabolismo.

La célula produce energía para el funcionamiento del organismo.

La célula gracias a la acción de los orgánulos hace posible la formación de glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

La célula necesita O₂ y expulsa CO₂”.

Las cosas no son muy diferentes en la cabeza de Gustavo, en lo que a célula se refiere, cuando hace el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97). En esta ocasión ha usado bastantes conceptos estructurales, ninguno metabólico, o sea, no incorpora y no usa en sus explicaciones y predicciones el comportamiento energético de la misma, y, también, con profusión otros conceptos que se refieren a procesos de distinta naturaleza, muchos de los cuales son específicos de estas moléculas orgánicas como principios

inmediatos. Una estructura celular tiene en su mente a juzgar por lo anterior, ¿pero la entiende, como entidad viva, en toda su esencia? Al ver lo que hace ante la pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos ?. Razona la respuesta.

la respuesta no puede otra que “no”; no da cuenta de lo que se le demanda, no dispone en su estructura cognitiva de los elementos necesarios para ello, no los incorporó y no los asimiló, no adquirió capacidad explicativa ni tampoco predictiva, observándose, por ejemplo en su respuesta que responde a cosas demandadas en otras preguntas y no a lo que se le solicita.

“Los ácidos nucleicos juegan un papel importantísimo en la estructura y el funcionamiento de la célula.

Los ácidos nucleicos contienen la información genética.

En el ADN

El ADN y el ARN son dos tipos de los ácidos nucleicos.

Los monómeros que los constituyen son los nucleótidos, constituidos por la unión de nucleósido y ácido fosfórico. Los nucleósidos se componen de base nitrogenada y la pentosa. Las bases pueden ser pirimidínica o púricas. En la primera están la adenina y la guanina y en las púricas están la timina, citosina y uracilo. Estos cinco componentes forman la cadena helicoidal del ADN que determinan la información genética”.

Una estructura celular ejecuta, también, cuando hace la interpretación que se le solicita de un dibujo que plasma con viñetas una célula (13-5-97); lo que se le requiere es que explique en qué medida este diseño refleja la estructura y el funcionamiento celular, razonando su respuesta. Seguido y orientado por el mismo, Gustavo manifiesta una correlación entre este dibujo y su representación comentando la función que realizan los distintos orgánulos, lo que da una idea de que esos elementos los tiene en su modelo de la misma. Y, si bien es eso lo más evidente, también podemos ver muy, muy levemente una cierta idea de que, además, intuye una cierta forma de actuar, una forma de comportarse, una tímida idea de funcionamiento-suma de esa célula. Veamos su discurso.

“La membrana permite el paso de sustancias, sobre todo las de desecho hacia el exterior. También permite la introducción de sustancias a la célula, como nutrientes. El dibujo del núcleo me gusta. Manifiesta claramente su función, la función de control. En el núcleo se establece el control de la célula. Se ve el enlace existente entre núcleo y el retículo endoplasmático rugoso y el ribosoma. Éstos últimos tienen una función muy importante, almacenar información y proporcionarla cuando sea necesaria. El retículo endoplasmático liso se encarga del transporte y del paso de sustancias a través de su superficie. La vacuola de almacenamiento: hasta ésta son transportados los nutrientes que necesita la célula para su próxima utilización (entiéndase próxima no como la siguiente sino como dentro de un tiempo). Mitocondria: se parece a una fábrica pues a partir de unos elementos que entran se transforman en otros que son los que realmente necesita la célula. También producen sustancias de desecho al igual que una fábrica. (pero no tan dañinas).

Vacuola digestiva:

En ella los nutrientes son divididos en elementos muy simples. Allí se analizan estos elementos, de forma muy cuidadosa.

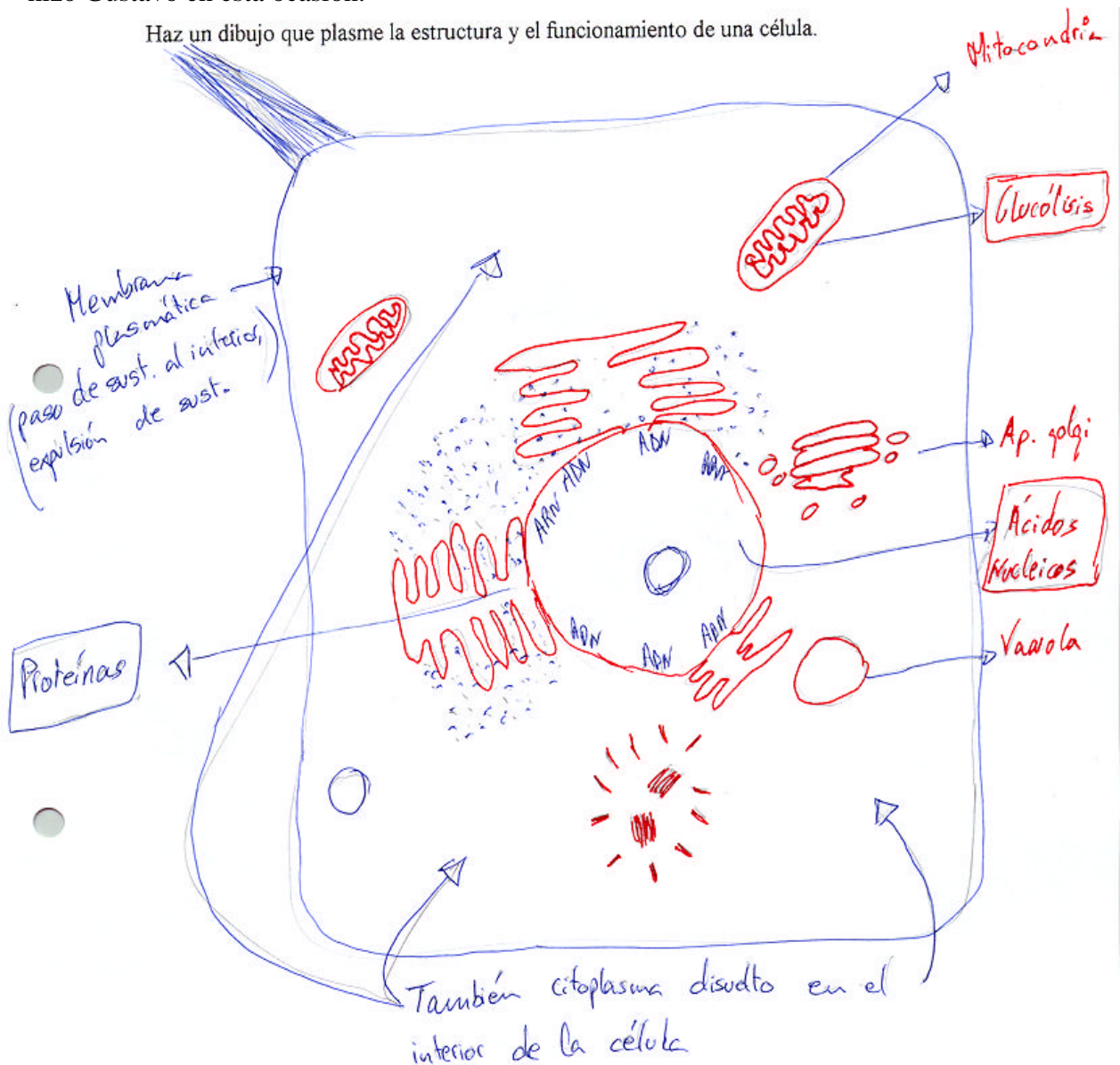
Lisosoma: dos hombres con sendos marrones.

Dividir las sustancias complejas en sustancias simples para su utilización”.

Su dibujo para plasmar estructura y funcionamiento es otro dato más de su modelo mental sólo estructural de la célula. Es un diseño simple, estático, en el que se

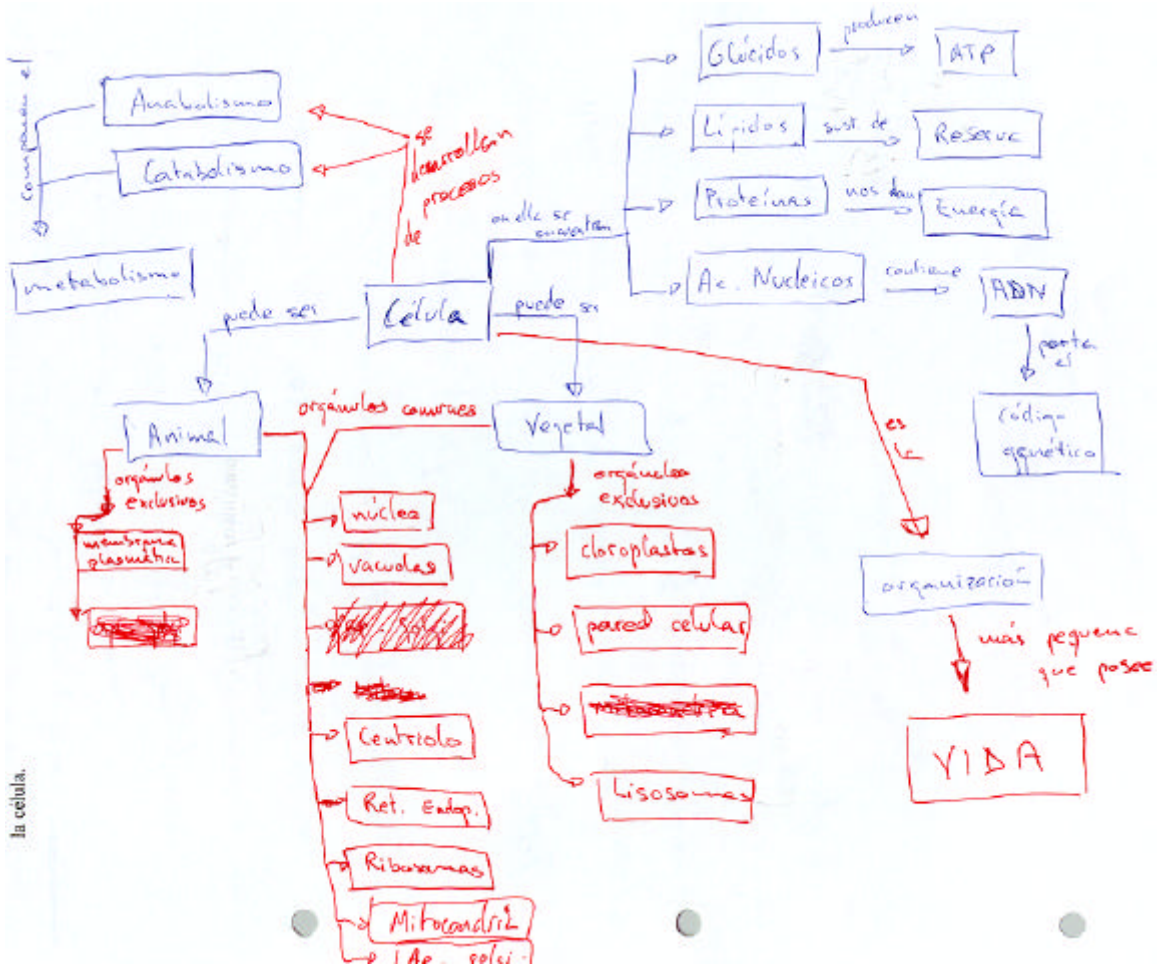
advierte incluso una escasa identificación estructural; incluye algún que otro proceso que, además, se ubica incorrectamente y añade, también, un comentario. Veamos lo que hizo Gustavo en esta ocasión.

Haz un dibujo que plasme la estructura y el funcionamiento de una célula.



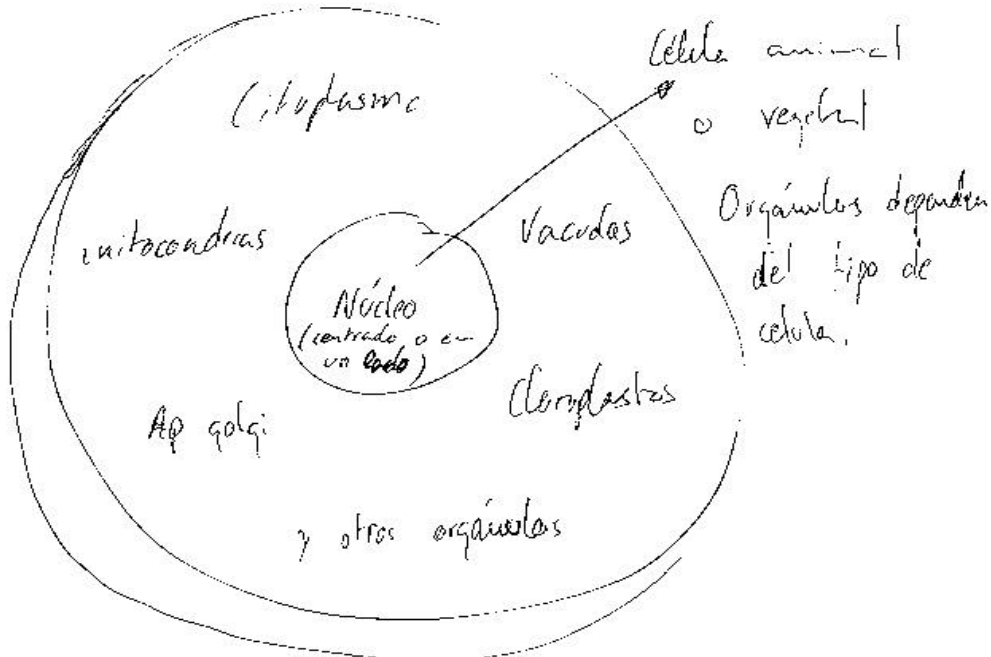
“También habría que resaltar la posibilidad de dibujo de una célula vegetal con orgánulos exclusivos como: cloroplasto @ fotosíntesis (ya sé que no es un dibujo pero ...) o pared celular”.

Su tercer mapa conceptual (21-5-97) no introduce nada nuevo con respecto a nuestra interpretación sobre su modelo mental de célula. Manifiesta errores que muestran ausencia de comprensión como, por ejemplo, no considerar los lisosomas en las células animales, no tener en cuenta la membrana plasmática en las células vegetales o, también, el papel que le asigna a lípidos (¡no producen energía!) y a proteínas (¡nos dan energía!, cuando no es éste su papel primordial en la célula), así como ausencia de relación entre ATP y energía y se destaca en él fundamentalmente su aspecto estructural, lo que corrobora nuestras deducciones al respecto.

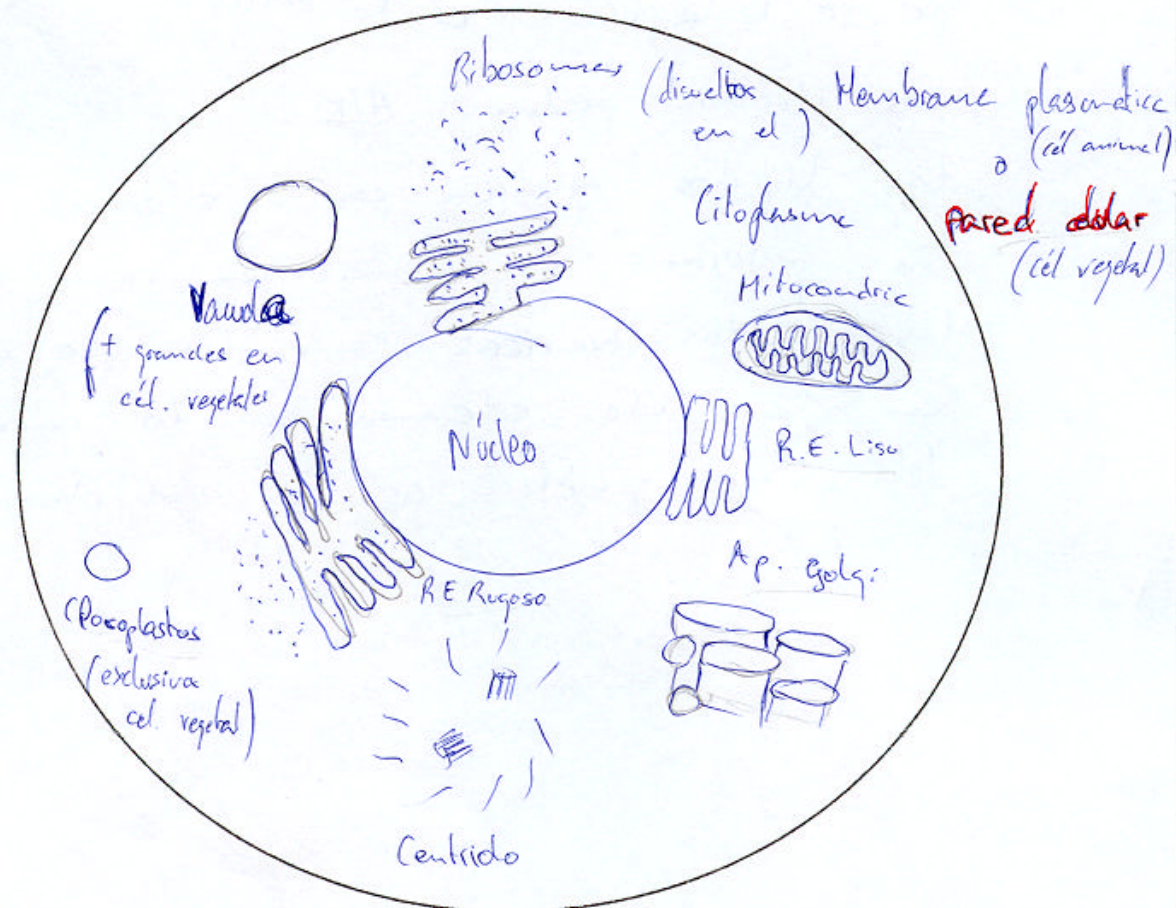


¿Pero esa estructura celular que Gustavo ejecuta, a la que de vez en cuando le imprime algún que otro signo de vida, ha variado? En el cuestionario final (29-5-97) hay una respuesta, a la demanda de representarla y de hacer un dibujo de la misma, que asusta pues es exactamente igual a otra que ya hiciera en octubre (cuando se le pidió que pusiera dentro de un círculo lo que considerara si éste fuera una célula).

“Como un huevo frito, forma esférica”.



Cabría pensar a la vista de esto que no ha habido ningún cambio pero afortunadamente ese círculo ahora es diferente, es mucho más rico, responde de mejor manera a la estructura celular, es más análogo estructuralmente a la célula que pretende representar, aunque sólo en lo que a su estructura se refiere. Su modelo mental sólo estructural ha evolucionado en la medida en que ha incorporado parte de la nueva información que se le ha ofrecido a lo largo del curso, pues ahora delimita las ultraestructuras correspondientes a los orgánulos, ha mejorado su conjunto de entidades de la realidad que se representa.



¿Y su funcionamiento? Obsérvese que sólo usa como concepto relativo al mismo “funciones vitales”, no habiéndose producido ninguna incorporación significativa en lo que a conceptos explicativos de su comportamiento se refiere. Esta nueva y muy compleja información no ha conseguido reestructurar el modelo mental de célula de Gustavo y, consecuentemente, no lo ha dotado de capacidad explicativa al respecto, probablemente porque supuso para él demasiadas indeterminaciones, demasiadas ambigüedades que no le resultaron relevantes y a las que, como es lógico, no les asignó significado alguno. Para él es suficiente explicar dicho comportamiento con sus analogías, le resulta eficaz su uso y por ello recurre a las mismas, lo que ya es de por sí muy importante pues con ellas comunica su idea -¡que la tiene!- de que es algo que funciona de una manera peculiar; nos está diciendo así que para él la célula no es sólo estructura sino que es algo más que no comprende bien, que no puede explicar, pero que ha captado porque ha percibido y ha concebido toda su complejidad. De ahí el valor y la importancia de esas analogías, pues su establecimiento supone construir, buscar, esas cosas que sean similares y que actúen también de manera similar a lo que se cree y en ello, lógicamente, tienen que definirse correlaciones, de tal manera que si estas analogías se generan, ya no se trata sólo de una simple estructura estática sino que, con

ellas, Gustavo da indicios de que representa algo más. Cuando se le pide que dibuje cómo funciona una célula, este estudiante responde:

“Pondríamos obreros que realizan el trabajo más parecido al que desempeñan los orgánulos.

Ej: la membrana plasmática permite el paso de sustancias hacia en interior y el exterior.

Los ribosomas se encargan del almacenamiento de proteínas”.

Y las analogías siguen siendo lo que caracteriza a Gustavo en la entrevista que se le hace a final de curso (10-6-97). Veamos el diálogo que se sigue, casi al empezar, cuando plasma una de ellas.

Gustavo : ¡tch ! la célula, yo siempre digo lo mismo, el complejo mínimo que tiene vida.

ML : el complejo mínimo que tiene vida.

Gustavo : un complejo no, va, una sociedad por así llamarlo.

ML : explícamelo.

Gustavo : yo qué sé, por ejemplo una clase o uuuna sala de profesores, vamos a poner pooorrr ejemplo, cada uno tiene su función, cada uno da una clase diferente a una [...].

ML : ¡mj !

Gustavo : pero todo al final está basado en lo mismo, que aprueben todos los alumnos que puedan.

ML : ¿sí ?

Gustavo : pues la célula es lo mismo

ML : ¡ay que !

Gustavo : tiene un montón de orgánulos y al final se basaaannn en lo mismo, que saquen lo mayor, los mayores nutrientes posibles, lípidos, proteínas y tal y si no se puede es que tiene algún fallo en algún lado o algo, yo qué sé.

ML : ¿y si no aprueban muchos en dónde está el fallo, Gerar ?

Gustavo : en los orgánulos. (Risas). [...]

Es una analogía totalmente autónoma que se genera de forma natural, espontánea, en un ambiente muy distendido, que fue el que caracterizó toda la entrevista y en ella Gustavo expresa lo que ya se comentaba: la célula es algo más que una estructura ya que realiza cosas que se relacionan, se procesan cosas (materia/energía por un lado, conocimientos, por otro) y se busca el mejor resultado. Su imagen de célula, en todo caso, parece ser la misma que la del principio de curso: “huevo frito”; al menos eso es lo que describe cuando se le pregunta qué ve al oír “célula” y, en todo caso, es muy simple y pobre.

ML : cuando te digo “célula” ¿ que ves ?

Gustavo : el huevo frito de Luisa.

ML : el huevo frito de Luisa ; ¿me lo describes ?

Gustavo : núcleo en el centro ¡tch ! aunque nooo quizás no sea un huevo frito porque un huevo frito es núcleo, que lo ves igual ... y por fuera lo ves todo igual ; no debería ser un huevo frito sino ... no sé.

ML : tú descríbeme la imagen que tienes tú de célula en tu mente en este momento ... ¿cómo es ?

Gustavo : supónte un huevo frito perooo ... lo que ee es la clara por fuera ... que no sea toda blanca sino ... con un montón de cositas.

ML : con un montón de cositas.

Gustavo : manchas o cosas así, imagínate pues una cosita así es una mitocondria, a lo mejor una vacuola, y si fuera ... vegetal pues no sería, sería un huevo frito mal freido hacia un lado ¿sabes ? ¡jaja ! todo para un lado.

ML : sí, cuando se te va a un lado.

Gustavo : y la vacuola sería más grande y con cloroplastos y no sé qué.

ML : ¡ya ! ésa es la imagen que tienes en este momento en tu mente.

Gustavo : *sí.*

Cuando se le enseña una foto de microscopía electrónica para su interpretación, Gustavo muestra grandes dificultades incluso para entender y conceptualizar lo que tiene delante y ello se considera una consecuencia de su limitado modelo en términos explicativos y, sobre todo en este caso, predictivos, pues no lo dota de la capacidad de deducir e interpretar que un modelo global, integrado, un análogo más biológico supondría. De cualquier manera, como ya se ha comentado anteriormente, Gustavo intuye e incorpora algo más que la simple y pura estructura celular, advierte cómo funciona la célula y la modela en cierta manera aunque no en términos biológicos sino a través de las analogías a las que recurre; hay un cierto comportamiento en su cabeza que asimila la idea de construcción y destrucción de materia, por ejemplo, y que manifiesta un cierto funcionamiento-suma en la medida en la que “ve” parte por parte lo que hace cada elemento.

ML : pero entonces, vamos ver, ¿estás utilizando el modelo que me describiste antes para interpretar esto ?

Gustavo : *¿el qué ? ¿el deeeel huevo frito ? Ya ahí ya te lo tienes que imaginar de otra manera porque aquí ¡mmm ! un huevo frito es tu idea ¿no ?, tú dices ¡buahj ! pues una mitocondria, pones allí sin ni te la imaginas una mitocondria, pones algo verde ooo rojo, lo que tú quieras ... una vacuola, pones un hueco vacío porque esoo tiene comooo, no tiene crestas mitocondriales ni nada de eso ... pueees citoplasma, te imaginas la clara mediaaa ... pastosa o tal. No sé.*

ML : ¡ah ! eso es lo que te estás imaginando, es decir que te estás imaginando parte por parte cada uno de esos elementos.

Gustavo : *primero tienes queee verlo parte por parte y después ya.*

ML : ¡ya ! Vamos a ver ¡eh ! hablábamos de que tu modelo era estático en el sentido de que suponía la foto, un momento pero que no tenía movimiento, dinamismo ¿no ? ... que no era como quien está viendo una película y que esta imagen también es fija. ¡¡¡aaahhh !!! si tuvieras que reflejar el funcionamiento de una célula ¿qué imagen te sugiere ?

Gustavo : *..., ..., ..., no sé, ya ahí sí sería una fábrica.*

ML : una fábrica.

Gustavo : *sí porqueee ¡tch ! ahí cada uno tiene su labor, .. por ejemplo el núcleooo sería quien manda ahí dentro ... y sería más bien una fábrica ¿no ?*

ML : sería más bien una fábrica pero tienes ese modelo de funcionamiento.

Gustavo : *lo que pasa que lo, lo que se mueve es realmente lo que, lo que se sintetiza ahí ¿no ? es lo que se está moviendo, lo que, lo de los ribosomas con las proteínas que las sintetiza y esas cosas.*

ML : lo que se mueve es lo que se sintetiza.

Gustavo : *lo que se está cambiando.*

ML : lo que está cambiando es lo que se sintetiza.

Gustavo : *lo demás creo yo que está ahí en el citoplasma ahí metido, esperando que venga*

....

Y en todo caso, a pesar de que conceptualmente opera con pocos elementos y que en su mayoría son estructurales, y a pesar, también, del uso que hace de la información, del discurso que utiliza, ... , que evidencian básicamente un modelo sólo estructural, ese funcionamiento-suma que se intuyó en el dato anterior se generó en su representación aunque fuera sólo levemente y le permitió captar una complejidad celular que desconocía, concebir una célula diferente a aquella con la que empezó el curso, evolucionar, en suma, poco, pero cambiar para hacerse un poco más biológico, más consistente y algo más explicativo desde el punto de vista científico y así él mismo lo reconoce y manifiesta.

Gustavo : *no sé, yo había oído ya la palabra ¿no? del año pasado, lo habíamos hablado y tal pero ... el año pasado más bien nos quedamos a nivel de tejido y orgánulos quizás y aun así los orgánulos ... no los re, nooo los terminábamos de relacionar pues no sabíamos ... que ..., bueno sí, yo tengo este orgánulo pero ¿y qué hago con él? si tiene que sinteti, sintetizar proteínas a lo mejor ooo no sé pero y, y bueno ... ¿de dónde le llegan? ¿qué está haciendo ahí? o ¿dónde está o? y ahora ya pues se entiende un poco más ya ¡tch! lo que tiene que estar ahí dentro y que ... hacerlo de una forma más compleja.*

Ciertamente, Gustavo ha trabajado básicamente con la estructura, no parece que con estos datos, con sus producciones y verbalizaciones haya mucho margen de duda, y lo ha hecho así a lo largo de la práctica totalidad del curso, pero una estructura que hace algo que él no explica en términos biológicos aunque sí recurriendo a las analogías que hemos mostrado; el sólo hecho de utilizarlas ya muestra, como se ha explicado, un grado de modelización, una forma de representar la realidad que es por sí misma compleja, que supone en este caso que Gustavo, si bien no en el ámbito científico, tiene una concepción de célula que sí que responde a su complejidad, a su esencia, a su significado real como ente vivo. Formalmente sus producciones y verbalizaciones se catalogan y enmarcan en lo que se ha denominado modelo mental A, pero cabe comentar al respecto que ese recurso a la simulación, a la modelización a través de analogías parece entrever una forma de pensar en la célula por parte de este alumno a caballo entre esa simple estructura y un modelo mental dual según el cual recurre a esa simple estructura en unos casos y ante unas demandas y a justificar su idea de funcionamiento --analógico- en otras y ante otras. La interpretación de este joven en este sentido es compleja, admitiéndose, en todo caso, que esos datos lo que sí muestran es la forma en la que progresivamente representa esta entidad real que la asignatura le presenta y el papel de esas representaciones en sus procesos de aprendizaje.

ANEXO N° 23:

JULIA

NOMBRE: Julia

CURSO: COU A

FECHA: 4-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, organismo, seres vivos, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, mitocondria, citoplasma, membrana nuclear, cromátida, información genética, nucleolo, pared celular, ribosomas, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, ácidos nucleicos, ADN, ARN, nutrientes, enzimas, respiración celular, medio, centrosoma, jugo nuclear, energía.	Célula, membrana plasmática, orgánulos, mitocondrias, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuolas, núcleo, membrana nuclear, vida, funciones, nutrición, respiración celular, energía, hialoplasma, glucólisis, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, síntesis de proteínas, cloroplastos, vegetales, aparato de Golgi, proteínas.	Organismo, funciones vitales, ser vivo, células, orgánulos, organización, vida, energía, medio, nutrición, DNA, membrana plasmática, lisosomas, gametogénesis, transcripción, proteínas, ARN, mitocondrias, retículo endoplasmático, vacuolas, núcleos, nucleolo.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	Elaboración personal (Ej: pág. 1 A)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas; ej: preg. 4 y 6)	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 6: hay hilo conductor)	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: azúcar. • Proteína: carne. • Lípido: grasa, aceite. • Ácido nucleico: molécula de DNA - escalera- (de libro). • Energía: una nevera. • Entropía: su habitación desordenada. • Célula: dibujo ya visto de unos machanguitos -¡se refiere al símil de la fábrica!. • Catabolismo: un tío rompiendo. • Meiosis: dibujos ya visto. • Reproducción: gametogénesis -copia de su esquema de la libreta. • Anabolismo: transcripción de proteínas. • Nutrición: comida -lo que comió esta mañana. • Relación: amistad (con los amigos).
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres (Ej: preg. 4: cierta deducción)	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • frases de cómo funciona: la célula es un "centro" de construcción de materiales. Repetición de clase	Repetición de clase	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- Su imagen no se parece a la que ve en M.E.; problemas para explicarse, pero dice que ella fue integrando la función de cada cosa en su imagen, como suma de lo que hace cada parte.
- Pág. 4 A: no sabe, ¡duda!, si su modelo le permite interpretar la foto.
- Pág. 6 A: me llama la atención porque dice que no puede explicar el funcionamiento de la célula por separado (cada orgánulo) sino como un todo, "tienes que integrarlo todo".

NOMBRE: Julia

CURSO: COU A

FECHA: 4-8-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, animal, vegetal, membrana celular, citoplasma, núcleo, membrana celular, citoplasma, núcleo, orgánulos, orgánulos, mitocondrias, cloroplastos, glucólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena transportadora de electrones, fotosíntesis, energía, fase fotoquímica, fase biosintética, glucosa.	Funciones vitales, estructura compleja, célula, orgánulos, glúcidos, lípidos, proteínas, estructural, homeostática, defensiva, enzimática, reserva energética, membrana plasmática, catabolismo, energía.	Célula, estructura compleja, nutrición, relación, reproducción, energía, medio interno, medio externo, sexual, asexual, metabolismo celular, mitosis, meiosis, catabolismo, anabolismo, haploides, diploides, ruptura, construcción, información genética, orgánulos celulares, núcleo, ADN, cromosomas, genes, genotipo.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: repite conceptos o glucosa)	Arbitraria (Ej: adjetivos en propiedades de proteínas o estructura compleja, sobre todo teniendo en cuenta que son 15 conceptos; ¿y las estructuras celulares?)	Arbitraria (en el sentido de que no incorpora los procesos metabólicos ni las estructuras celulares pero es una selección global coherente; el problema es el nivel de profundización requerido pero sí muestra una visión global coherente y autónoma)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro (definición, citología, metabolismo)	Débil	Coherente (las tres funciones)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
			En la explicación se ratifica y reafirma esa visión global con hilo conductor claro en el discurso.

NOMBRE: Julia

CURSO: COU A

FECHA: 4-8-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana celular, nutrientes, núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, proteínas, retículo endoplasmático liso, mitocondrias, energía, célula, respiración celular, vacuola, orgánulo, funciones vitales.	Célula, materia, vida, organismo, sales minerales, citoplasma, medio, plasmólisis, turgescencia, reacciones, agua, seres vivos, energía.	Reacciones, células, energía, ATP, catabolismo, glúcidos, fermentación, animales, respiración, vegetales, agua, funciones vitales, glucólisis, hialoplasma, enzimas, coenzima, organismo, anabolismo, monosacáridos.	Vesículas, aparato de Golgi, catabolismo, glúcidos, lípidos, mitocondrias, orgánulos, ciclo de Krebs, membranas, dictisomas, seres vivos, organismo, célula, nutrientes, energía, hialoplasma, reacciones, secreción, retículo endoplasmático, proteínas, agua, turgencia, citoplasma, ribosomas, vacuola, lisosoma, exocitosis, ácidos grasos, fluidez, autoensamblaje, autosellado.	Proteínas, transporte, membrana plasmática, lípidos, célula, aminoácidos, organismo, citoesqueleto, cilios, flagelos, animales, reacciones químicas, energía, síntesis, catalisis, síntesis proteica, información, ADN, núcleo, ribosomas, ARN mensajero, ARN transferente, transcripción, codones, antocodón, inmunidad, respuesta inmune, linfocitos, antígenos, respuesta celular, anticuerpos, respuesta humoral, sueros, vacunas.	Sobrecruzamiento, mutaciones, cromosoma, ADN, organismo, reproducción asexual, gametos, reproducción sexual, reproducción, diploides, meiosis, haploides, herencia, sexo, animales, planta, genes, nucleótidos, núcleo, ARN, mitocondrias, plastos, citoplasma, información genética, síntesis de proteínas, ARN mensajero, ARN transferente, vida, célula, mitosis, orgánulos, profase, centriolos, huso acromático, metafase, cromátidas, anafase, telofase, membrana nuclear, nucleolos, leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno, diacinesis, ácidos nucleicos, metabolismo, duplicación.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: glucólisis)	Elaboración personal (Ej: célula)	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg. 1 y 3 A)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: permeabilidad)	Organización autónoma (Ej: preg. 3 y 4)	Organización autónoma (Ej: preg. 2)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	Uso (para ósmosis sólo)	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Elaboradas (Ej: preg. 6)	Pobres (Preg. 6: idea de actividad)	Elaboradas (Ej: preg. 4 conciso y claro)	Pobres (Ej: preg. 2 C)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (sin embargo: en el núcleo es donde se ordena todo el funcionamiento, es, por así decirlo, el centro de mando)	No se detectan	No se detectan	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> proteínas: son las "puertas" que abren o cierran el paso de sustancias entre el interior y el exterior. 	No se detectan

NOMBRE: Julia

CURSO: COU A

FECHA: 4-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosomas, pared celular, nucleolo, cromatina, información genética, membrana nuclear, citoplasma, mitocondria, nutrientes, enzimas, respiración celular, centrosoma, jugo nuclear.	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: no nombra nada; hace una explicación antes. Respiración celular, mitocondrias, energía, aparato de Golgi, hialoplasma, glucólisis, vacuolas, retículo endoplasmático liso, síntesis de proteínas, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, membrana plasmática, cloroplasto, vegetales.	Mitocondrias, energía, respiración celular, lisosoma, nutrientes, hialoplasma, glucólisis, catabolismo, glúcidos, aparato de Golgi, proteínas, transporte, peroxisomas, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, membrana mitocondrial interna, fosforilación oxidativa, membrana plasmática, medio, célula, retículo endoplasmático liso, cromatina, ADN, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, síntesis proteica, ribosomas, membrana nuclear, cloroplasto, vegetales, materia.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación y comentarios de funciones con palabras y frases -en el 2º dibujo	Identificación y comentarios de funciones con palabras y frases -en el 2º dibujo	Identificación y comentarios de funciones con palabras y frases
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático
			Analogía: núcleo como centro de mando de la célula.

NOMBRE: Julia

CURSO: COU A

FECHA: 4-8-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, organismo, seres vivos, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, mitocondria, citoplasma, membrana nuclear, cromátida, información genética, nucleolo, pared celular, ribosomas, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, ácidos nucleicos, ADN, ARN, nutrientes, enzimas, respiración celular, medio, centrosoma, jugo nuclear, energía.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, materia, vida, organismo, sales minerales, citoplasma, medio, plasmólisis, turgescencia, reacciones, agua, seres vivos, energía.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones, células, energía, ATP, catabolismo, glúcidos, fermentación, animales, respiración, vegetales, agua, funciones vitales, glucólisis, hialoplasma, enzimas, coenzima, organismo, anabolismo, monosacáridos.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, animal, vegetal, membrana celular, citoplasma, núcleo, membrana celular, citoplasma, núcleo, orgánulos, orgánulos, mitocondrias, cloroplastos, glucólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena transportadora de electrones, fotosíntesis, energía, fase fotoquímica, fase biosintética, glucosa.
ex. LÍP. 26/2/97	Vesículas, aparato de Golgi, catabolismo, glúcidos, lípidos, mitocondrias, orgánulos, ciclo de Krebs, membranas, dictisomas, seres vivos, organismo, célula, nutrientes, energía, hialoplasma, reacciones, secreción, retículo endoplasmático, proteínas, agua, turgencia, citoplasma, ribosomas, vacuola, lisosoma, exocitosis, ácidos grasos, fluidez, autoensamblaje, autosellado.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, transporte, membrana plasmática, lípidos, célula, aminoácidos, organismo, citoesqueleto, cilios, flagelos, animales, reacciones químicas, enzimas, energía, catálisis, síntesis proteica, información, ADN, núcleo, ribosomas, ARN mensajero, ARN transferente, transcripción, codones, anticodón, inmunidad, respuesta inmune, linfocitos, antígenos, respuesta celular, anticuerpos, respuesta humoral, sueros, vacunas.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Funciones vitales, estructura compleja, célula, orgánulos, glúcidos, lípidos, proteínas, estructural, homeostática, defensiva, enzimática, reserva energética, membrana plasmática, catabolismo, energía.
ex. AN. 12/5/97	Sobrecruzamiento, mutaciones, cromosoma, ADN, organismo, reproducción asexual, gametos, reproducción sexual, , reproducción, diploides, meiosis, haploides, herencia, sexo, animales, planta, genes, nucleótidos, núcleo, ARN, mitocondrias, plastos, citoplasma, información genética, síntesis de proteínas, ARN mensajero, ARN transferente, vida, célula, mitosis, orgánulos, profase, centriolos, huso acromático, metafase, cromátidas, anafase, telofase, membrana nuclear, nucleolos, leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno, diacinesis, ácidos nucleicos, metabolismo, duplicación.
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana celular, nutrientes, núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, proteínas, retículo endoplasmático liso, mitocondrias, energía, célula, respiración celular, vacuola, orgánulo, funciones vitales.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Mitocondrias, energía, respiración celular, lisosoma, nutrientes, hialoplasma, glucólisis, catabolismo, glúcidos, aparato de Golgi, proteínas, transporte, peroxisomas, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, membrana mitocondrial interna, fosforilación oxidativa, membrana plasmática, medio, célula, retículo endoplasmático liso, cromatina, ADN, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, síntesis proteica, ribosomas, membrana nuclear, cloroplasto, vegetales, materia.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, estructura compleja, nutrición, relación, reproducción, energía, medio interno, medio externo, sexual, asexual, metabolismo celular, mitosis, meiosis, catabolismo, anabolismo, haploides, diploides, ruptura, construcción, información genética, orgánulos celulares, núcleo, ADN, cromosomas, genes, genotipo.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, membrana plasmática, orgánulos, mitocondrias, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuolas, núcleo, membrana nuclear, vida, funciones, nutrición, respiración celular, energía, hialoplasma, glucólisis, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, síntesis de proteínas, cloroplastos, vegetales, aparato de Golgi, proteínas.
Entrevista. 9/6/97	Organismo, funciones vitales, ser vivo, células, orgánulos, organización, vida, energía, medio, nutrición, DNA, membrana plasmática, lisosomas, gametogénesis, transcripción, proteínas, ARN, mitocondrias, retículo endoplasmático, vacuolas, núcleos, nucleolo.

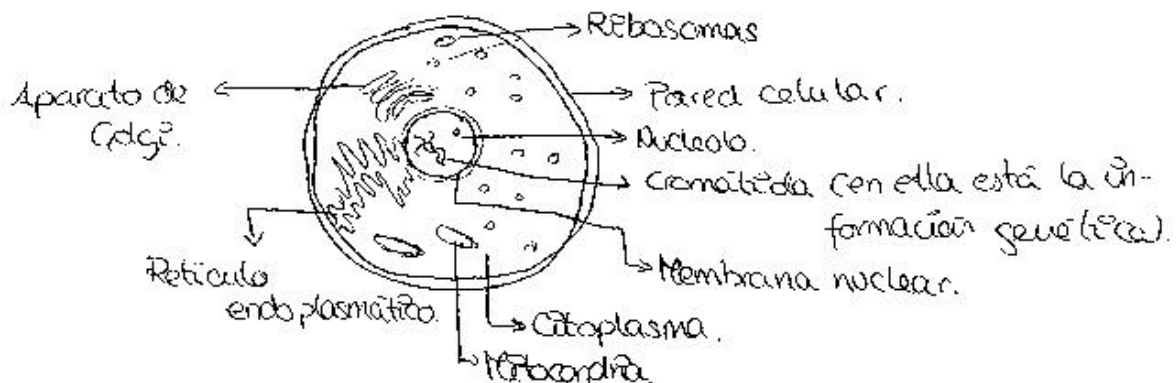
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático, mitocondria, citoplasma, membrana nuclear, nucleolo, pared celular, ribosomas, centrosoma, jugo nuclear.	Citoplasma.	Hialoplasma.	Membrana celular, citoplasma, núcleo, orgánulos, mitocondrias, cloroplastos.	Vesículas, aparato de Golgi, mitocondrias, orgánulos, membranas, hialoplasma, retículo endoplasmático, citoplasma, ribosomas, vacuola, lisosomas.	Membrana plasmática, citoesqueleto, cilios, flagelos, núcleo, ribosomas.	Orgánulos, membrana plasmática.	Cromosoma, núcleo, mitocondrias, plastos, citoplasma, orgánulos, centriolos, huso acromático, membrana nuclear, nucleolos.	Membrana celular, núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, mitocondrias, vacuola, orgánulo.	Mitocondrias, hialoplasma, lisosoma, aparato de Golgi, peroxisomas, matriz mitocondrial, membrana mitocondrial interna, membrana plasmática, retículo endoplasmático liso, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, membrana nuclear, cloroplasto.	Orgánulos, núcleo, cromosomas.	Membrana plasmática, orgánulos, mitocondrias, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuolas, núcleo, membrana nuclear, hialoplasma, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, cloroplastos, aparato de Golgi.	Orgánulos, membrana plasmática, lisosomas, mitocondrias, retículo endoplasmático, vacuolas, núcleos, nucleolo.	AG4centriolo1,centrosoma1,ctq1,ctpl5,c1pt3,crma2,dic1,ctiosoma1,fgl1,h1pl4,husoa1,cr1,liss3,matrix1,mmbrizmit1,mmbrcel2,mmbrmit1,mmbrmitint1,mmbrnucl4,mmbrplasm5,mitc8,núcl8,ncl3,org8,paredcel1,peroxisoma1,RE6,REL3,RER3,rib6,vesc1.
Moléculas	Cromátida, ácidos nucleicos, ADN, ARN, nutrientes, enzimas.	Sales minerales, agua.	ATP, glúcidos, enzimas, coenzima, monosacáridos.	Glucosa.	Glúcidos, lípidos, nutrientes, proteínas, agua, ácidos grasos.	Proteínas, lípidos, aminoácidos, enzimas, ADN, ARN mensajero, ARN transferente, codones, anticodón.	Glúcidos, lípidos, proteínas.	ADN, genes, nucleótidos, ARN, ARN mensajero, ARN transferente, cromátidas, ácidos nucleicos.	Nutrientes, proteínas.	Nutrientes, glúcidos, proteínas, cromatina, ADN.	ADN, genes.	Proteínas.	Proteínas, ARN.	Acgr1,AN2,ADN5,agua2,aa1,ARN4,ARNm2,ARNt2,ATP1,codon1,coenz1,croa2,cromat1,enz3,gen2,glúc4,líp3,monosac1,nuc11,nutriente4,prot7,sm1.
PROCESOS Mts.	Respiración celular.	-	Catabolismo, fermentación, respiración, glucólisis, anabolismo.	Glucólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena transportadora de electrones, fotosíntesis, fase fotoquímica, fase biosintética.	Catabolismo, ciclo de Krebs, secreción.	Catálisis, síntesis proteica, transcripción.	Catabolismo.	Síntesis de proteínas, metabolismo.	Respiración celular.	Respiración celular, glucólisis, catabolismo, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, síntesis proteica.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, ruptura, construcción.	Respiración celular, glucólisis, síntesis de proteínas.	Transcripción.	Anb2,cat5,catalisis1,cKrebs3,fermet1,fox2,ftst1,glucólisis4,mtb2,resp5,respcel4,secrec1,síntesis5,sprot4,transcrip2.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
Otros	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción .	Plasmólisis, turgescencia.	Funciones vitales.	-	Turgencia, exocitosis.	Transporte.	Funciones vitales.	Sobrecruzamiento, mutaciones, reproducción sexual, reproducción asexual, reproducción , diploides, meiosis, haploides, mitosis, profase, metafase, anafase, telofase, leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno, diacinesis, duplicación.	Funciones vitales.	Transporte.	Nutrición, relación, reproducción , mitosis, meiosis, haploides, diploides.	Funciones, nutrición.	Funciones vitales, nutrición.	Anaf1,diploide2,diploteno1,duplic1,exocit1,funciones6,FV5,haploides2,meiosis2,metaf1,mitosis2,mut1,nut4,plasmólisis1,prof1,rel2,rep3,rasex1,rsex1,sobrecruz1,telof1,transporte2,turgencia1.
CONCEPs GRALES:	Célula, organismo, seres vivos, información genética, medio, energía.	Célula, materia, vida, organismo, medio, reacciones, seres vivos, energía.	Reacciones, células, energía, animales, vegetales, organismo.	Célula, animal, vegetal, energía.	Seres vivos, organismo, célula, energía, reacciones.	Organismo, animales, reacciones químicas, energía, información.	Célula, energía.	Organismo, herencia, animales, planta, información genética, vida, célula.	Energía, célula.	Energía, medio, célula, vegetales, materia.	Célula, medio, energía, información genética.	Célula, vida, energía, vegetales.	Organismo, células, ser vivo, organización, vida, energía, medio.	Ani4,célula12,energía12,genética3,herencia1,información4,ingén3,materia2,medio5,organismo7,organización1,planta1,react4,react1,svv4,vgt4,vida4.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Fluidez, autoensamblaje, autosellado.	Inmunidad, respuesta inmune, linfocitos, antígenos, respuesta celular, anticuerpos, respuesta humoral, sueros, vacunas.	-	Gametos, sexo.	-	-	Genotipo.	-	Gametogénesis.	Anticuerpo1, antígeno1, autoensamb1, autosell1, fluidoz1, gameto2, genotipo1, inmunidad1, linfocito1, respuesta1, respcel1, respumora1, respinmunel1, sexo1, suero1, vacuna1.
MODELO	A	A	B	B	C	B	B	B	B	B	C	B	B	B

Julia comienza trabajando la célula en este curso con una representación que atiende casi exclusivamente a su estructura, una representación, un modelo que mantiene durante un cierto tiempo cuando tiene que ejecutarlo pero que pronto se ve reestructurado en el sentido de que a ése le incorpora una dinámica, un comportamiento que no consideraba en sus primeros registros y que a partir de ese momento percibe, pero una fisiología, una forma de actuar de “su” célula que rota independientemente de la estructura con la que comenzó; su modelo durante el resto del curso casi exclusivamente es dual y con él lo termina. Por lo tanto, su entidad célula una vez que acaba su trabajo con el contenido de la asignatura, es distinta a aquélla con la que empezó, es un análogo estructural de ese mundo celular que le permite abordar, aunque sea por separado, su estructura, su constitución y su funcionamiento, su forma de actuar. No obstante, en algunos registros parece entrecruzarse en lo que Julia comunica una cierta percepción de la globalidad de los procesos que caracterizan a esta unidad viva, una cierta causalidad, una forma más integrada de contemplarla y, de cualquier manera, es destacable también la forma en la que esta alumna va incorporando nuevos conceptos, nuevos “tokens” a su archivo, nuevos elementos a su estructura cognitiva para ganar en comprensión en lo que a su modelo mental se refiere, para enriquecer ese modelo que a ella le está sirviendo de puente para captar su significado y poder, con ello, explicarlo y predecir su comportamiento.

El cuestionario inicial (22-10-96) es el primer registro que se obtiene de Julia; opera en este momento como intermediario con un análogo que sólo da cuenta de la estructura celular y prueba de ello es lo siguiente:

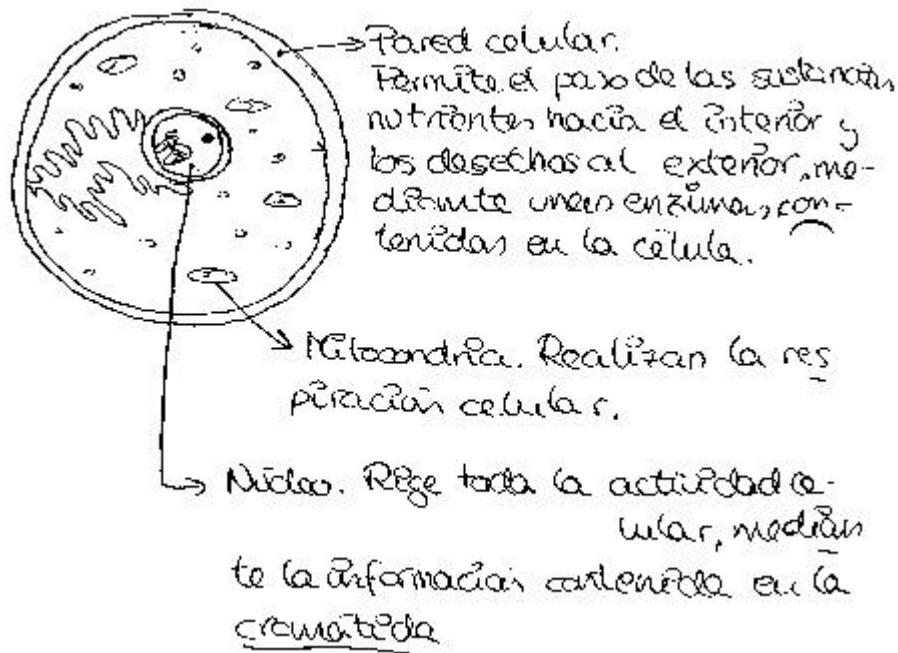
- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?



En todo lo que externaliza en el mismo se observan frases muy librescas que dan lugar a un discurso muy simple que muestra su grado de memorización. Si tuviera que decir con tres frases cómo funciona una célula, lo explicaría como sigue:

- “La célula realiza la función de nutrición, relación y reproducción.
- Toda actividad de la célula está regida por los ácidos nucleicos (ARN y ADN).
- La célula es un “centro de construcción” de materiales”.

La última de estas aseveraciones resulta curiosa por cuanto señala la importancia de la construcción de la materia, y eso es un proceso, y también porque puede ser la consecuencia de algún símil o analogía que le permita interactuar con esta entidad, analogía que, en caso de haberla generado, no explicita pero que puede estar ejerciendo un papel modelizador en su mente. De cualquier manera, su célula es una estructura en la que, a lo sumo, algunos de sus elementos hacen algo y eso es lo que se deriva de lo que hace cuando se le demanda qué haría si tuviera que dibujar su funcionamiento.



No vamos a negar que en su mente esta alumna debe tener algunos elementos que hagan de “su” célula algo vivo, algo que hace cosas, pero sus producciones, sus respuestas en este cuestionario evidencian en poca medida ese dinamismo. Otro ejemplo lo tenemos en lo siguiente:

- Aprovecha este espacio para explicar el funcionamiento que tú crees que tiene una célula.

“El funcionamiento de una célula es el siguiente:

Los nutrientes pasan al interior de la célula a través de la membrana celular y pasan al citoplasma. En las mitocondrias se realiza la respiración celular de donde la célula obtiene la energía para realizar todas sus funciones”.

Si observamos el examen de Origen de la Vida (18-11-96), nos encontramos ante una paradoja. Todo el ejercicio es un ejemplo de frases personales y elaboradas que articula coherentemente en un discurso bien hilvanado que manifiesta un manejo, también, muy personal y autónomo de la información; incluso sus inferencias y sus deducciones son bastante elaboradas. Todo ello puede entenderse como un signo de un alto grado de poder explicativo y predictivo, como la consecuencia de un modelo mental global que facilita la comprensión. Pero si analizamos los conceptos que utiliza, resulta que aparecen muy pocos específicamente celulares. ¿Es la célula lo que representó en su mente ante este examen? La paradoja llega a más: ante la pregunta:

- ¿Consideras que la presencia en un tubo de ensayo de todas las moléculas de la materia viva nos daría como resultado una célula?. Explica las razones en las que fundamentas tu opinión utilizando, al menos, cuatro de los ocho o diez posibles argumentos que hemos trabajado.

Julia muestra indicios de haber entendido qué es una célula, qué se sabe de su origen y, sobre todo, que es algo más que un conjunto de moléculas, algo más que materia estática.

“No creo que esto dé como resultado una célula. Los fundamentos en los que me baso para creer esto es que, además de todas las moléculas de la materia viva, en el lugar

donde se creó la vida, existían otros factores, como por ejemplo el hecho (ya comprobado) de que la atmósfera y la Tierra primitivas tenían una composición química distinta que la actual. En ese momento, ocurrió algo (aún por determinar), que dio origen a la vida. Ese algo es lo que aún no está comprobado y, por tanto, ese origen de la vida es irrepetible. Si pusiéramos en el tubo de ensayo estas moléculas (que forman parte de la materia viva), nos faltaría esa “chispa” que fue la causante de la vida. Si nos atenemos a esto, la vida, o mejor dicho, el origen de ésta es pura casualidad”.

Cabría pensar, pues, que habiendo entendido lo anterior, habiéndolo explicado como lo hace, habrá generado una representación de célula igualmente explicativa, pero no es éste el caso, no es ésa la conclusión que podríamos sacar de su brevísima forma de expresarla.

“Nivel de organización más simple dotada de vida. Unidad morfológica y funcional de todos los seres vivos”.

En todo caso, esta alumna es capaz de establecer algunas deducciones e inferencias y ello da pie para pensar que tiene en su mente alguna idea de comportamientos, de formas de actuar propias de la materia viva, como se ha comentado, aunque genéricamente está trabajando en el terreno estructural. Veamos un ejemplo.

- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.
 - ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría? ¿Tiene algún fundamento biológico?
 - ¿Qué procesos biológicos no ocurrirían si nuestro organismo no tuviera sales minerales?

“Esta mejoría se debe (también) a la actuación de las sales minerales, y más concretamente a la actuación de éstas como reguladores de las concentraciones salinas dentro y fuera de las células.

Cuando tenemos una congestión nasal, hay una gran cantidad de agua retenida (no en vano se dice que tenemos agüerío), o al menos, una considerable cantidad de líquido. Cuando introducimos agua de mar en la nariz, hay una diferencia también entre las concentraciones salinas que hay en la nariz y en el agua de mar. Como las concentraciones siempre tienden a igualarse, el exceso de agua o líquido de la nariz pasa al agua de mar, con lo cual ese exceso de agua desaparece”.

Y ya en el examen de Glúcidos (9-12-96) Julia parece trabajar más claramente en ese doble nivel estructural/funcional, con ese doble esquema, con un modelo mental dual de la célula. Cierto es, en todo caso, que sólo utiliza como concepto organular “hialoplasma”, recurriendo a algunos moleculares en el ámbito estructural, pero incorpora con mayor o menor fortuna algunos de los conceptos que justifican el funcionamiento energético de una célula y lo hace con un grado aceptable de elaboración personal en las frases que construye que, además, articula coherentemente en un discurso estructurado, lo que da idea de que ha generado un cierto poder explicativo; cierto es, también, que la información que usa responde a patrones de repetición mecánica, lo que es un signo de comprensión parcial de la complejidad celular característica de un modelo dual de la misma, lo que se evidencia en sus respuestas a algunas cuestiones de razonamiento centradas en este funcionamiento.

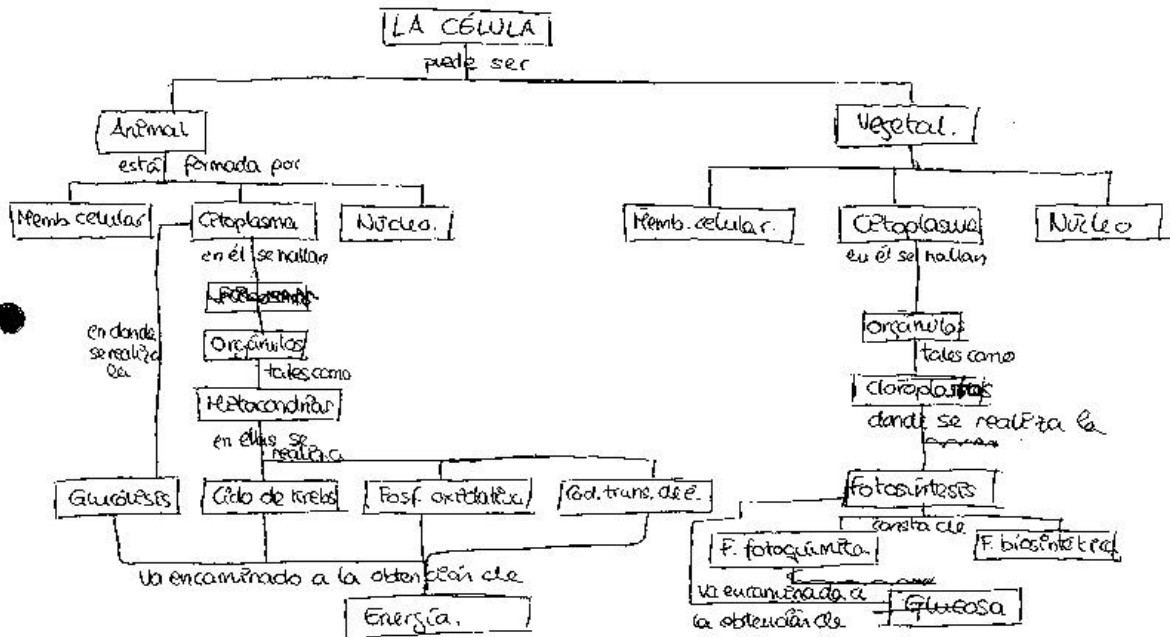
- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“Un microorganismo mientras hay oxígeno puede obtener treinta y ocho moléculas de ATP con todo el proceso de catabolismo de glúcidos, mientras que con la fermentación sólo obtiene dos ATP, por tanto, le sale más rentable la utilización del oxígeno y dejar la vía fermentativa en caso de “último remedio”.*
- *Las células animales, en cuanto a la respiración, lo que hacen es la degradación de la glucosa para obtener energía, mientras que las vegetales sintetizan glucosa a partir de la luz solar, del agua y de la clorofila. Si entendemos por respiración, la degradación de la glucosa, las células vegetales no la hacen, ya que lo que hacen es la síntesis de glucosa, aunque en ambas se obtiene energía.*
- *Las células, sin la presencia de los glúcidos, no pueden realizar sus funciones vitales, ya que de ellos obtienen la energía necesaria, y las células por sí mismas no pueden sintetizar salvo las células vegetales”.*

Al pensar por un lado en la estructura, aunque sea una estructura organularmente limitada, y por otro en funcionamiento, sus deducciones y sus inferencias, su manera de razonar válidamente en términos biológicos es limitada también, no utilizando, por ejemplo, la finalidad de los procesos en sus explicaciones. Este ejercicio nos ofrece un dato al respecto.

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Podría ser que, en época de ovulación, hay una mayor actividad en las células, ya que están actuando hormonas, etc. Además, al haber una mayor actividad en las células, éstas requerirán un aporte mayor de glúcidos para satisfacer sus necesidades energéticas”.

Ese mismo modelo es el que ejecuta Julia cuando hace su primer mapa conceptual (9-1-97) y, como resultado, manifiesta los mismos signos; incorpora orgánulos y procesos ubicando éstos correctamente, pero el nexo es sólo eso, “se realiza”, lo que hace pensar que opera con una célula-estructura por un lado y con una célula-funcionamiento por otro, estableciendo alguna tímida conexión pero no habiendo adquirido una visión de conjunto de lo que realmente ocurre en la célula mientras está viva, no habiendo desarrollado comprensión, como muestra el hecho de que no reconoce el papel que ejercen en la misma las mitocondrias al no identificarlas en las células vegetales. La selección que hace de los conceptos es arbitraria, repitiendo algunos, y los une, como hemos visto, con nexos muy simples que imprimen poco significado a las proposiciones resultantes; la jerarquización que lleva a cabo es libresca, articulada en torno a los habituales niveles de organización que no se corresponde con la selección y estructuración del contenido establecidas para la asignatura.



¿Qué nos encontramos en el examen de Lípidos (26-2-97)? Si analizamos los criterios que se han seguido para analizar el discurso en el presente trabajo, vemos que Julia sigue una elaboración personal en sus frases, articulando un discurso coherente en el que aplica con corrección los conceptos que usa y esa información la organiza autónomamente; no utiliza imágenes y sus deducciones e inferencias son elaboradas. ¿En qué se apoyan las aseveraciones anteriores? Veamos su explicación de célula.

“Estructura o unidad básica de los seres vivos, la cual constituye por sí misma un organismo. La célula posee numerosos orgánulos en los cuales se degradan los nutrientes para obtener la energía que requiere para su funcionamiento vital”.

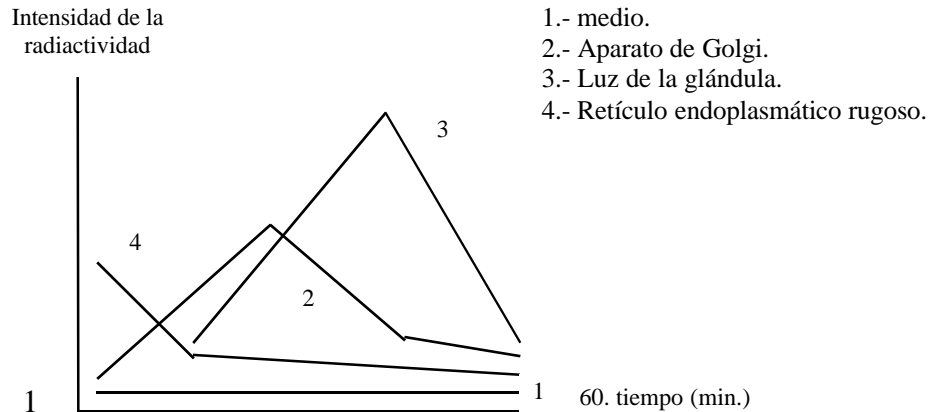
Comunica su idea con extrema concisión y claridad pero siguiendo un esquema que no es el que aparece en los libros de texto y que tampoco se asemeja al trabajo y a la información facilitada en las clases; estructuras que funcionan de manera vital y que requieren un aporte externo es lo más llamativo, lo que muestra un aspecto global de la célula que explica. Es cierto, en todo caso, que no comenta nada relativo a la síntesis, a cómo mantienen estas “cosas” sus propias estructuras, pero parece innegable que tiene en su cabeza al responder así una idea integrada de esa entidad y que adivina causalidad: “nutrientes para” que caracteriza la comprensión de la complejidad celular. Otro ejemplo lo tenemos en su forma de explicar la permeabilidad.

“La membrana celular, al estar principalmente compuesta por lípidos y proteínas, posee unas propiedades como son la fluidez, el autoensamblaje y el autosellado. Pero también, la membrana celular, al poseer una parte hidrófoba, impide el paso a través de ella de moléculas hidrófilas, las cuales necesitan entonces de un transportador para poder atravesarla. Por otro lado, la membrana mantiene un gradiente eléctrico y de concentración entre el interior y el exterior de la célula”.

Parece evidente, pues, que en esta ocasión Julia ha generado un modelo mental global que la ha dotado de comprensión y que, en esa medida, le ha permitido desarrollar una capacidad explicativa mayor que en ocasiones anteriores, en los términos en los que se ha mostrado; pero ese modelo no sólo ha aumentado su poder de explicar y comunicar lo que es la célula y/o sus procesos, sino que le facilita también una mayor capacidad predictiva, como se muestra con lo que hace ante la siguiente pregunta típicamente enmarcada en el contenido relativo a procedimientos.

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo.

Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

“Los ribosomas del reticulo endoplasmático rugoso procesa(n) la proteína. Dicha proteína se condensa formando una vacu(o)la que es transportada luego hacia la luz del reticulo para ser trasladada hasta el aparato de Golgi. En el aparato de Golgi, termina de procesarse, y es segregada en forma de lisosoma, el cual luego se condensa formando un gránulo de cimógeno. Finalmente, el contenido es vertido por o segregado por exocitosis, completándose así el proceso de secreción celular”.

En el examen de Proteínas (14-3-97) Julia opera de la misma manera con la información, integrando aceptablemente conceptos estructurales y funcionales en sus explicaciones y un ejemplo lo tenemos en su forma de explicar la síntesis proteica.

“La síntesis de proteínas se realiza con la información contenida en el ADN, que se halla en el núcleo celular. Como el ADN no puede salir del núcleo donde está, tiene que hallar una manera de transportar la información hasta los ribosomas, que es donde se realiza (o se acaba de realizar) el proceso de la síntesis proteica.

El ADN ha de copiar la información para que pueda ser transportada hacia los ribosomas. Para ello, se “copia” la información en forma de ARN mensajero, el cual sale del núcleo hacia los ribosomas. Primeramente, el ADN influenciado por la acción de un enzima, se desespiraliza, para que se pueda formar el ARN mensajero, (por la acción de la ARN-transferasa). Una vez formado el ARN mensajero, hay algunas bases que no intervienen en la síntesis proteica, y que han de ser eliminadas. Una vez eliminadas, se considera el ARN mensajero maduro, pues ya puede seguir su camino en la formación de proteínas.

El ARN mensajero llega a la subunidad menor del ribosoma y se acopla a él, formándose el complejo activo.

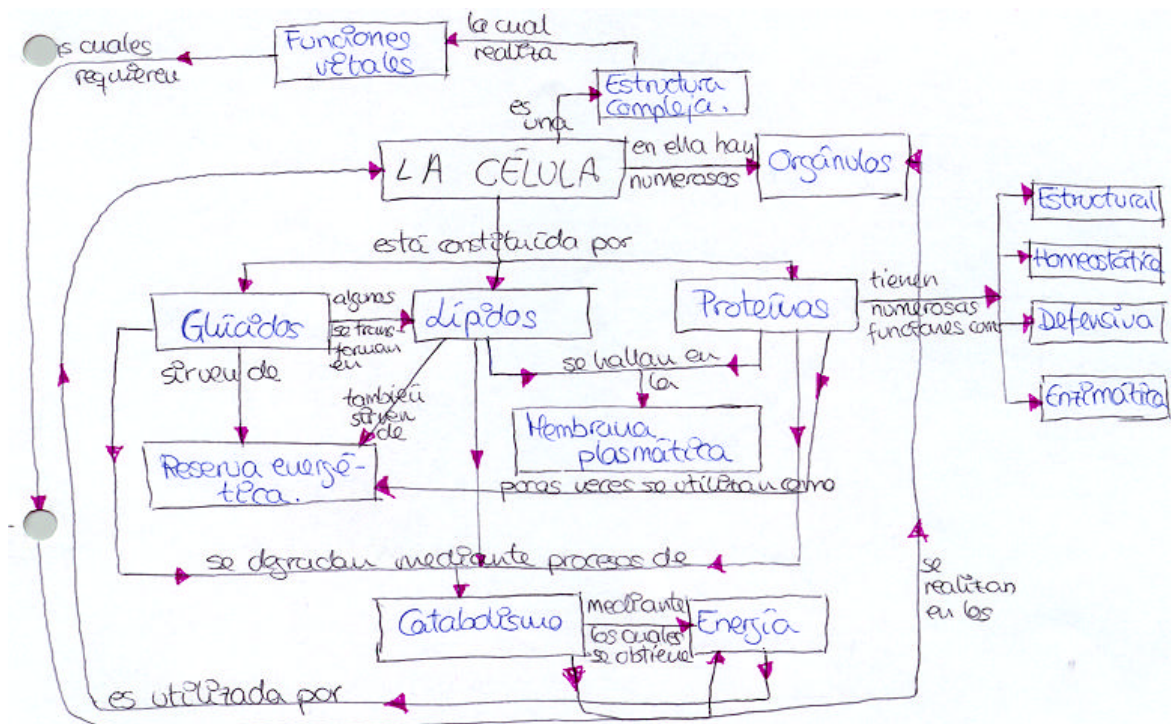
A la vez que se forma el ARN mensajero, se forma el ARN transferente. Este ARN transferente, se une al complejo activo y luego, el ARN mensajero le transcribe la información. Esta transcripción de información se hace a través de los codones del ARN mensajero, el cual posee su anticodón complementario en el ARN transferente. Cada codon lleva la información necesaria para la síntesis de un aminoácido. En un extremo de la molécula de ARN transferente se encuentra una secuencia (tripleto), el ACC, que es por donde se “captan” los aminoácidos anteriormente activados. Más tarde, se produce una traslocación en la molécula de ARN transferente, con lo que el aminoácido se “desestabiliza”, y establece enlace peptídico con el siguiente aminoácido que lo sigue (hay

que tener en cuenta que este proceso no es aislado, sino que se produce correlativamente), con lo cual se forma un dipéptido, que puede volver a establecer enlace con otro aminoácido, etc, formándose así la proteína”.

En este ejercicio, en una de sus explicaciones equipara a las proteínas con puertas que abren o cierran el paso de sustancias entre el interior y el exterior, lo que puede interpretarse como una analogía que le permite captar el significado de uno de sus papeles biológicos. Pero en esta ocasión no tiene la misma capacidad para deducir y para razonar que en la anterior, no es capaz de recuperar todo su bagaje para ponerlo en acción y hacerle frente a la demanda cuando ejecuta su modelo. Eso es lo que se deriva de su forma de explicar lo que le pasaría a la estructura y al funcionamiento celular si no existieran los enzimas, detectándose algunos rasgos llamativos, como puede ser el hecho de que no advierte ningún papel de los enzimas en las reacciones de síntesis o que no contempla nada relativo a la estructura celular, lo que se interpreta como una consecuencia de que nuevamente está operando en un doble nivel, con un modelo mental dual de la célula.

“En nuestro organismo se producen continuamente reacciones de combustión que, necesitan una determinada temperatura, generalmente muy elevada, para que se produzcan. Lo que hace la enzima es rebajar esa temperatura tan elevada, ya que si no lo hiciera, todo el organismo ardería por ser la temperatura tan elevada”.

Un modelo mental dual, en todo caso, en el que lenta y tímidamente busca correlaciones y con el que procura captar toda la esencia celular, un modelo que genera cuando hace su segundo mapa conceptual (1-4-97) que, si bien sigue una selección arbitraria de los conceptos, incluyendo adjetivos, por ejemplo, es mucho más explicativo, integrando estructura y función y haciendo proposiciones bastante más significativas, proposiciones que tienen sentido biológico y que se entienden como el reflejo del significado que Julia les asigna.



Y de nuevo nos volvemos a encontrar con el mismo estilo, con la misma forma de comunicarse y de manejar la información que ha trabajado en el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97). Otra vez manifiesta un discurso fluido, una capacidad explicativa

aceptable pero una capacidad predictiva bastante limitada que la conduce a establecer pobres deducciones, a plasmar limitados razonamientos; detrás de ello se entiende que está trabajando cognitivamente un modelo mental, una representación que igualmente es limitada ya que no la dota de la comprensión necesaria y suficiente como para que esas deducciones e interpretaciones sean más consistentes desde el punto de vista biológico, como para que supongan la comprensión de esa célula en su conjunto, lo que nos lleva a concluir que trabaja con la estructura por un lado, y con el funcionamiento por otro. El papel que le asigna a los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento celular es prueba de ello pues, como se observará, sólo da cuenta de éste último.

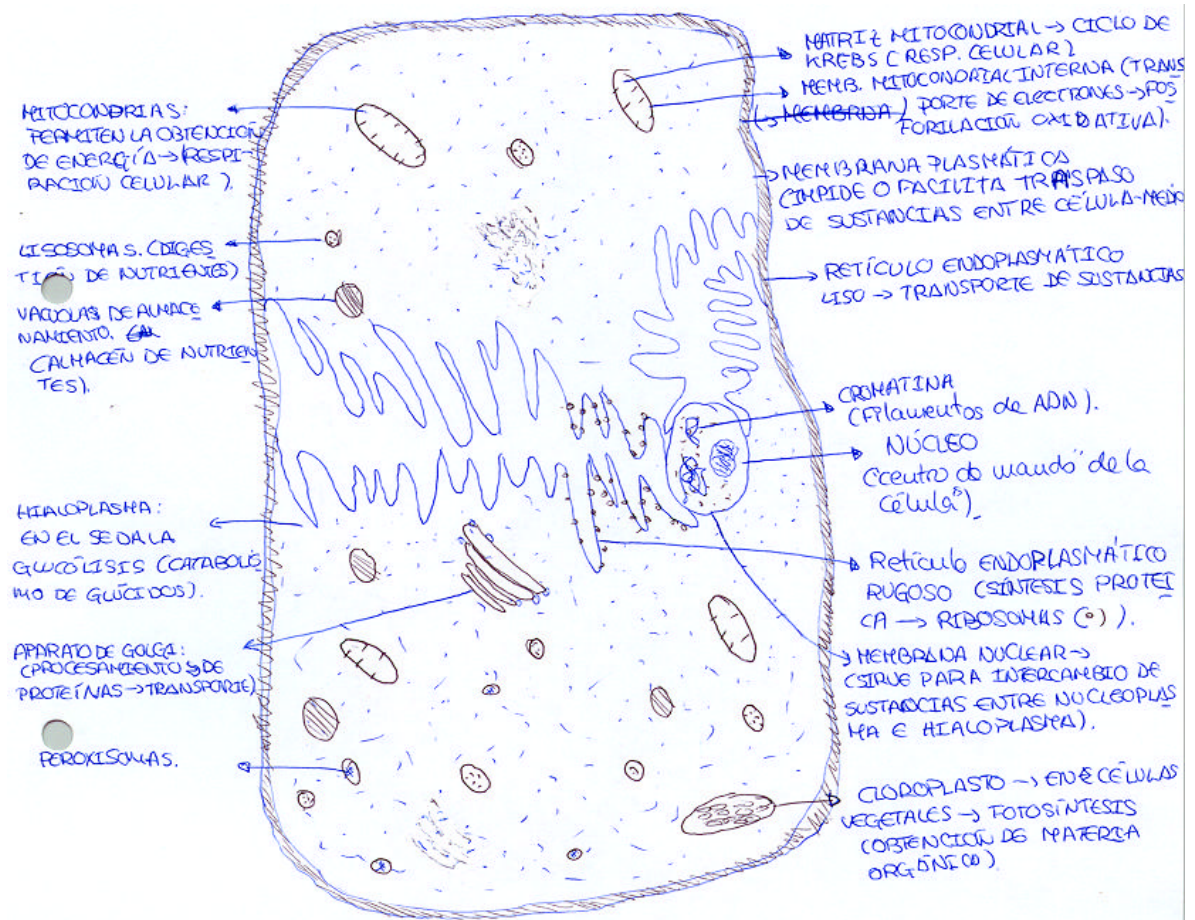
“Los ácidos nucleicos son los que rigen todo el funcionamiento celular, los que rigen la síntesis de proteínas, así como la división celular. Además, recordemos que son nucleótidos como el GTP, ATP, etc. ... los que intervienen de una forma vital en procesos de metabolismo celular, imprescindibles para el buen funcionamiento de la célula”.

De todas maneras, es capaz de revisar su conocimiento y hacerlo reconciliar, pues resulta en este sentido relevante que haya recuperado de su memoria el papel de los nucleótidos en el metabolismo celular, contenido éste que se estudió algunas unidades didácticas atrás, lo que es un indicio de esos tímidos intentos de integración en su representación celular de los que ya se ha hablado.

La interpretación que desarrolla del símil de la célula a través de viñetas nos da la misma impresión, incluso nos obliga a reflexionar sobre su producto pues es bastante simple en su calidad recurriendo, además, a pocos conceptos funcionales y haciendo descansar, en todo caso, el comportamiento celular básicamente en los verbos que utiliza. Podría admitirse que ha generado un modelo dual de célula nuevamente que responde a una relación, un tanto limitada, de orgánulos y estructuras y una relación, también, de las cosas que éstos hacen, lo que justifica que no sólo esté operando con una célula-estructura sino también con una célula-funcionamiento; pero no hay interacción, no hay relaciones ni siquiera temporales de procesos y físicas de orgánulos, no hay causalidad, no hay una explicación articulada, consistente, que dé indicios de que Julia maneje un modelo más integrado, más compacto, más análogo a la entidad real célula que pretende representar.

“En este dibujo se refleja todo el funcionamiento de la célula. La membrana celular hace de “puerta” para la entrada y salida de nutrientes. En el núcleo, es donde se ordena todo el funcionamiento celular, es, por así decirlo, el centro de mando. En los ribosomas que están en el retículo endoplasmático rugoso se sintetizan las proteínas, las cuales se transportan por medio de retículo endoplasmático liso. En las mitocondrias, es donde se realiza el proceso de obtención de energía a partir de los nutrientes que entran a la célula (este proceso es la respiración celular). La energía obtenida en este proceso será utilizada por la célula para realizar sus funciones vitales. Las vacuolas digestivas son las que digieren (como su nombre indica), cualquier residuo o cualquier orgánulo que no funcione correctamente. En las vacuolas de almacenamiento es donde se acumulan distintas sustancias que serán más tarde utilizadas por la célula”.

El dibujo que hace esta estudiante para plasmar la estructura y el funcionamiento celular (19-5-97) es otra prueba de ello; no es más que un diseño libresco, pasivo, estático en el que relaciona otra vez diferentes elementos añadiendo a los mismos breves comentarios acerca de su papel en la célula. No se desprende de su elaboración que tenga en la mente una idea integrada, una visión de una célula en funcionamiento, un modelo de las interacciones que ello supone.

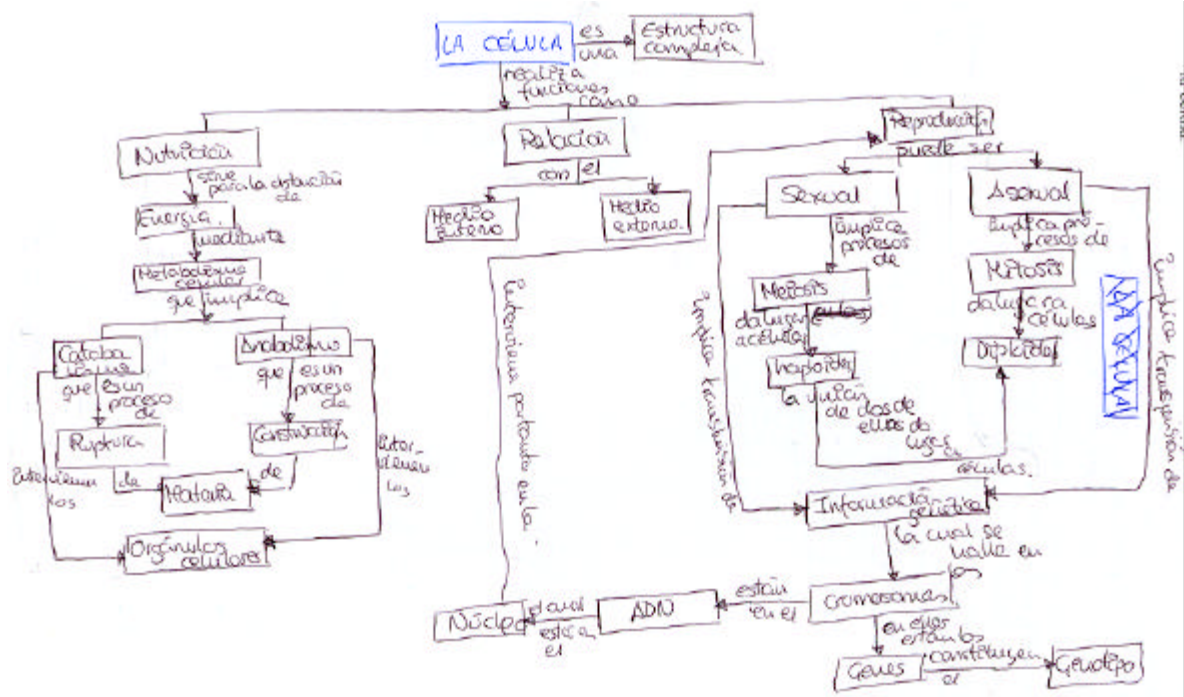


El tercer y último mapa conceptual que construye (21-5-97) esta joven es otra cosa y resulta sorprendente por cuanto ante él podemos pensar que ahora sí que Julia tiene incorporada y asimilada esa causalidad en su representación en la medida en la que integra conveniente y adecuadamente aspectos estructurales y funcionales estableciendo relaciones explicativas que son significativas biológicamente y que, también, deben serlo para ella ya que las plasma. Pero es curioso este mapa porque utiliza pocos conceptos específicos tanto estructurales como metabólicos y en ese sentido su selección conceptual se ha considerado arbitraria, pues es muy global, coherente y mostrando una visión de conjunto pero en un nivel de profundización insuficiente para las demandas planteadas y el contenido trabajado; cognitivamente genera un modelo global, modelo mental C, que es desde el punto de vista biológico insuficiente para la asignatura y para las exigencias posteriores que va a tener y la explicación, que es otro dato de cómo ha evolucionado su poder explicativo, corrobora esta interpretación.

“La célula es una estructura compleja que realiza las funciones propias de todo ser vivo (nutrición, relación y reproducción). La nutrición se realiza mediante el metabolismo celular, el cual implica a su vez dos procesos, uno de obtención de energía mediante la ruptura de materia, y otro de construcción de materia mediante la energía obtenida anteriormente en el catabolismo (anabolismo).

En cuanto a la reproducción, ésta puede ser sexual o asexual, en la primera intervienen las células sexuales que han sufrido una mitosis para reducir el número de cromosomas a la mitad, siendo así células haploides; mientras que en la segunda no se da este proceso, sino otro, la meiosis, el cual no implica reducción de los cromosomas; es decir, que la célula continúa siendo diploide.

Toda esta información genética está contenida en los cromosomas del ADN del núcleo celular, con lo cual podemos decir que el núcleo interviene en la reproducción sexual”.



Al enfrentarse al cuestionario final (29-5-97) Julia no mantiene esta idea de globalidad cuando representa la célula sino que vuelve a operar en un doble nivel, con un doble esquema que la obliga a recurrir a repetición mecánica del contenido que ha trabajado en varias ocasiones y que limita sus deducciones y sus inferencias. Otra vez su capacidad explicativa y su poder predictivo son más pobres, pero, en todo caso, sus respuestas muestran signos de una incorporación importante de elementos a los conjuntos que maneja para construir su representación (entidades, propiedades y características de las mismas y relaciones e interacciones entre ellas). Veamos un ejemplo.

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

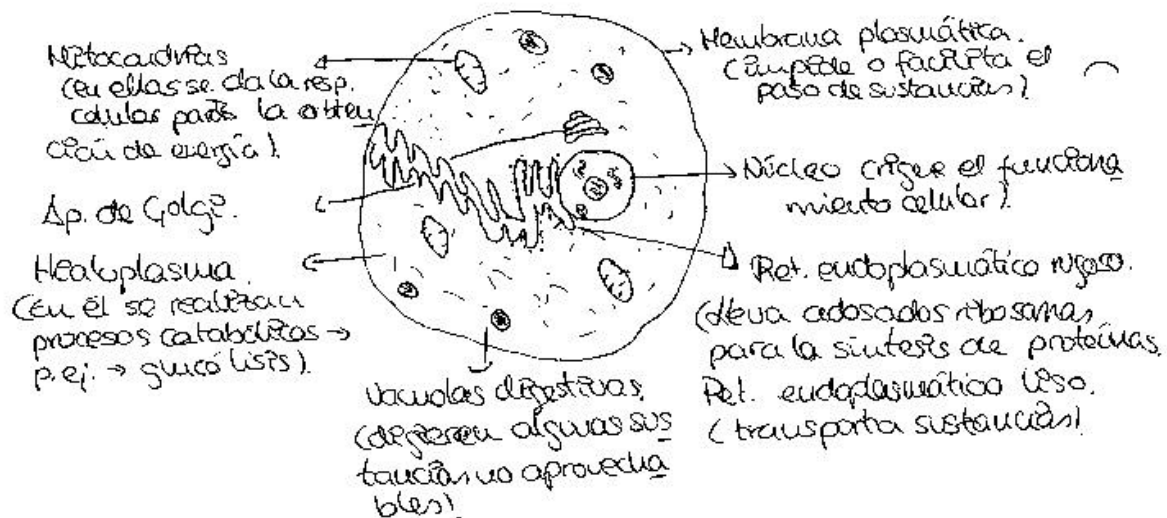
“Al plasmar la forma de una célula en un folio, lógicamente estamos representando una estructura que tiene volumen en una superficie plana. Es por esto que algunas veces no pensamos en la célula como algo que tiene volumen, sino como algo “aplastado”. Así, dibujaría la célula como una estructura esférica, o al menos algo esférica, poniendo a su alrededor una membrana (membrana plasmática), y en su interior dibujaría los orgánulos celulares como mitocondrias, ribosomas, retículo endoplasmático (liso y rugoso), vacuolas, etc, además de poner el núcleo separado del resto por la membrana nuclear. Este núcleo es muy importante ya que es el que dirige todo el funcionamiento celular”.



El dibujo es muy similar al que hizo ante la misma demanda en el mes de octubre, pero su explicación es significativamente diferente, bastante más rica; casi toda ella se refiere a la estructura, pero añade, ¡muy genéricamente!, el funcionamiento celular, un

funcionamiento-suma, es decir, un comportamiento celular que es la suma de los papeles o funciones de cada uno de los elementos constituyentes de esa célula, no estableciéndose conexiones entre ellos –ni a nivel estructural/topográfico, ni a nivel funcional/procesos- porque no se detectan relaciones causa/efecto en la forma de actuar de los mismos y, consecuentemente, de la célula en su conjunto, una célula que es algo más, ¡mucho más!, que la suma de las acciones y actuaciones de sus elementos integrantes, siendo eso precisamente lo que la caracteriza como unidad de vida. Eso es lo que se desprende de lo que hace Julia cuando se le pide qué haría si tuviera que dibujar cómo funciona.

“Si tuviera que dibujar cómo funciona una célula lo haría dibujando la estructura de la célula y luego pondría la función que realiza dentro del funcionamiento celular”



En todo caso, lo que es incuestionable es que esta alumna está trabajando mentalmente con un esquema dual que se ha ido enriqueciendo progresivamente, que ha ido evolucionando al incorporar con mayor o con menor suerte algunos conceptos, fundamentalmente metabólicos, que le han resultado relevantes y pertinentes para captar la esencia de una complejidad celular que desconocía, que no tenía sentido en su modelo sólo estructural de principios de curso y que ha adquirido al incorporar al mismo, aunque sea independientemente, su funcionamiento; de este modo es capaz de percibir la importancia de las transformaciones en el estado vivo y, con ello, definir algunas relaciones de continuidad temporal que suponen interacciones entre distintas estructuras. Lo que ella cree en este momento del funcionamiento celular da fe de ello.

“El funcionamiento celular es complejo. Las sustancias entran en la célula a través de la membrana plasmática y algunas de ellas sufren transformaciones en el hialoplasma. Dichas sustancias pasan a las mitocondrias donde sufren también transformaciones para obtener energía. Además, en los ribosomas se sintetizan proteínas, todo ello está regido por el núcleo celular”.

En la entrevista de final de curso (9-6-97) merecen especial atención algunos fragmentos; el primero que se selecciona, ¡nada más empezar la conversación!, nos brinda su personal forma de “ver” la célula.

Julia: ¿la célula? hombre, tal y como yo lo veo, es unaaa organización.

ML: es una organización.

Julia: sí.

ML: ¡ya! ¿me lo podrías explicar un poquito más?

Julia: bueno, la célula, por ejemplo, tieneee distintos orgánulos y todo esto también está, está organizado, tiene que haber un orden para que pueda funcionar como, como una célula.

Orden y organización de una materia dada para que pueda funcionar como una célula; esto nos remontaría a aquel modelo global extremadamente simplista que ya vimos, por ejemplo, en el examen de Lípidos o en el último mapa conceptual. Su forma de expresarse a lo largo del diálogo mantenido vuelve a dar la impresión, sin embargo, de un nuevo modelo dual de la entidad de la que hablamos; ese modelo, esa representación la limita en su razonamiento y en su forma de enfrentarse a la demanda hasta el extremo de que Julia duda de si lo que tiene en su mente le permite interpretar imágenes y fotos de microscopía electrónica.

ML : bueno, vamos a ver, ¿esto es una imagen ?

Julia: ... sí.

ML : sí. ¿Es una imagen de qué ?

Julia: de microscopía electrónica ¿no ?

ML : es microscopía electrónica ; entonces ¿qué está queriendo representar ?

Julia: una estructura.

ML : ¿cuál ?

Julia: células.

ML : células. Bien, esto responde, por lo tanto, a imágenes de células, hay una imagen de célula.

Julia: ¡mj !

ML : ¿se parece esta imagen de célula a tu imagen de célula ? ... a la que me describiste antes.

Julia: ... nnno, más bien yo lo que hice fue, o sea, yo me acordé deee, de lo que hacía cadaaa imagen, o sea, no, no la imagen sino lo relacioné con lo queee, lo que hacía.

ML : ¡aja ! bien, quieres decir que tú tenías un modelo distinto de éste.

Julia: ¡mj !

ML : ¿qué diferencias fundamentales hay ?

Julia: ¡tch ! hombre, que aquí no se ven laaas ..., o sea, aquí sólo ves la imagen y yo lo que hice fue más bien fue integrarlo con, la imagen, integrarla con las funciones que realiza ... en cada, cada ¿sabes ?

ML : ¡ya !

Julia: cada orgánulo que [...] está representado aquí.

ML : bien ; ¿esta imagen puede ser real ?

Julia: sí.

ML : sí es real ; ¡eh ! ¿tu imagen es real ?

Julia: ... ¡tch ! ¡mmm ! sí porque laaa, lo que yo vi eran las funciones que realiza esto.

ML : ¡aja !

Julia: supongo que será real.

ML : bien, pues vamos a ver, la imagen que tú tienes, el modelo que tú tienes.

Julia: ¡mj !

ML : es un modelo que, según me acabas de decir, integra funcionamiento y estructura. ¿El modelo que tú tienes te permite interpretar éste, esta imagen ?

Julia: ... ¡tch ! [...] el modelo con las funciones ... no, bueno, ..., ... sí, supongo.

El fragmento anterior, además, nos ofrece otro dato de interés: “me acordé de lo que hacía cada imagen”, o sea, rescató una representación que supone un funcionamiento-suma de la célula otra vez. Su modelo de célula ha variado, se ha enriquecido a lo largo del curso, como ya se ha expresado y como ella misma confiesa, adquiriendo su representación así un sentido más biológico; pero nuevamente estamos ante una paradoja: piensa en términos duales y acaba de decirnos que el funcionamiento es lo que hace cada uno de sus elementos y sólo un poquito más adelante en la conversación, efectivamente, tiene una célula más compleja en su cabeza que no funciona como la suma de sus integrantes sino que es algo más que eso.

Julia: ... no sé, yo es queeee ..., que antes tenía una idea muy así, muy vaga de lo que era todo el funcionamiento celular y ahora, como este año lo hemos ..., lo hemos estudiado a nivel deeee, o sea, a nivel de orgánulos y tal pues hemos profundiza, o sea, ... no sé, ¡tch! que ahora puedo hablar más deeee, sabiendo sobre lo que estoy hablando, no como antes que decía : ¡no! la célula funciona así porque tal y ahora sé por qué.

ML: a ver, a ver, ahora sabes por qué es así ; ¿me estás queriendo decir que ... antes tenías ideas sueltas y ahora esas ideas tienen conexión ?

Julia: sí.

ML: tienes, entonces, un modelo más estructurado.

Julia: sí.

ML: sí, eres capaz de explicar el funcionamiento de la célula no en base, no basándote, porque en base no se puede decir, no basándote en ideas sueltas sino que están integradas.

Julia: sí.

ML: están integradas.

Julia: es que no puedes explicar, por ejemplo, ... no puedes explicar el funcionamiento de un célula, explicando los funcionamientos de cada orgánulo por separado, sino tienes que integrarlo todo porqueee yo, para mí la célula es unnn, una integración de todos los, de todo lo que hacen los orgánulos.

ML: ¡aja !

Julia: así que un orgánulo sólo no hace nada ... ¡tch! no puedeee.

Y tenemos en esta conversación otro dato relevante: Julia no opera mentalmente con imágenes para abordar la célula porque no se la puede imaginar.

Julia: sí porque es que no sé, es que al ser cosas taaan chiquititas ¿sabes? que a lo mejor ni te la puede imaginar cómo pasan las cosas pues nnn ¡tch! yo qué sé, el año pasado al estudiar los sentidos era ... mejor porqueee yo qué sé, tú veías que, tú oías las cosas porque es así ¿sabes? mira esto para el sonido entra por aquí, hace tal cosa pero en esto, no sé, como es algo tan chiquitito ahí para fijarte.

¿Qué conclusiones podemos sacar de la forma que tiene Julia de pensar en la célula, una vez analizadas todas sus producciones y verbalizaciones? A juzgar por las mismas, parecen fundadas las deducciones que se refieren a que esta joven opera mentalmente durante casi todo el curso con un modelo mental dual de la célula y que con él lo termina; un modelo dual que tiene al final del mismo más elementos, más “tokens”, con los que Julia genera explicaciones nada desdeñables y predicciones un tanto más débiles, lo que quiere decir que su modelo ha ido ganando progresivamente poder explicativo y predictivo porque ha ido desarrollando una mayor comprensión de la abstracta y compleja realidad que pretendía representar. Esa comprensión es dependiente del modelo que se construye como puente y en la medida en que esta alumna ha generado y ejecutado modelos parciales (uno para estructura y otro para funcionamiento), también ha desarrollado comprensión parcial, una comprensión que ha limitado su razonamiento biológico, sus deducciones e inferencias, no permitiéndole que fueran causales, como consecuencia, aunque también haya tímidos indicios de ello. Su forma de actuar frente a la célula, su forma de externalizarla y comunicarla no es más que una consecuencia del modelo que, desde fuera, se deduce que ha generado como intermediario, como análogo y éste no parece ser otro que ese modelo mental dual o B del que tantos ejemplos se considera que se han presentado.

ANEXO N° 24:

JOEL

NOMBRE: Joel

CURSO: COU A

FECHA: 4-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Orgánulos, núcleo, membranas, nutrientes, membrana nuclear, ribosomas, cromosomas, ADN, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, citoplasma, citoesqueleto, mitocondria, membrana celular, vacuola, vida, energía, célula, información genética, ARN, centriolos, proteínas, funciones vitales.	Células, vacuola, lisosoma, membrana celular, aparato de Golgi, mitocondria, citoplasma, citoesqueleto, núcleo, ribosoma, retículo endoplasmático, vida, funciones, nutrición, relación, energía, respiración celular, nutrientes, reproducción, animal, vegetal, cloroplasto, pared celular, proteínas, desecho	Células, energía, entropía, reproducción, organismo, organización, seres vivos, medio, vida, principios orgánicos, orgánulo, relación, proteínas, animales, plantas, núcleo, vacuolas, membrana, lisosoma, mitocondrias, nutrientes, anabolismo, catabolismo, metabolismo, transporte, cloroplastos, materia.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: preg. 3 A y B)	De libro (y si acaso!)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 6)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor; ej: preg. 6)	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: cristales. • Proteína: nudos/serpiente. • Lípido: grasa transparente y resbaladiza -son los michelines o la del coche. • Ácido nucleico: proteína con forma de hélice. • Energía: chispas/electricidad. • Célula: como un plato lleno de distintos componentes -como un huevo en el medio. • Catabolismo: como si estuviera consumiendo algo, como un fuego. • Meiosis: como una X cortándola. • Reproducción: desde que la célula se une hasta que se va formando; ¡no es imagen estática! • Anabolismo: como si fuese una organización; tiene una imagen pero no definida, no sabe describirla. • Nutrición: cuando comemos. • Relación: ¡no entiendo lo que dice! Pero tiene imagen.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas (Ej: 1ª parte preg. 4)	Pobres (Ej: preg. 4)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • ¿cómo representar una célula? como un huevo. Extrabiol./repetición de clase. 	<ul style="list-style-type: none"> • en el dibujo de cómo funciona: dibuja la célula como la fábrica. Extrabiol./repetición de clase. 	<ul style="list-style-type: none"> • célula (imagen): un plato con un huevo en el medio.

- Su imagen de célula se parece a la foto de M.E. pero hay diferencias: "yo lo veía como más abstracto, más, más, cómo decirlo, como si lo viéramos de un dibujo o algo más".
- Tuvo problemas para identificar orgánulos, y en su modelo, en su imagen, los orgánulos no tenían estructuras definidas.
- Tiene un modelo de funcionamiento pero porque ha visto vídeos y películas de la TV; por eso tiene imagen dinámica como una película, ¡Pero esto llega a la membrana! No tiene imagen del interior. No tiene modelo del funcionamiento, tiene ideas sueltas.
- La idea de célula más o menos es la misma pero ha aumentado su conocimiento.

NOMBRE: Joel

CURSO: COU A

FECHA: 4-8-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Procarionte, animal, célula, vegetal, citoplasma, membrana, citoesqueleto, pared celular, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuola, centrosoma, lisosoma, núcleo, cromosomas, célula, nuclear, celular, nuclear, movilidad, celular, protección, elección de nutrientes, estructural, transporte de nutrientes, creadores de energía para mantener actividades vitales, almacenamiento, enzimas, reproducción, contenedor de información.	Célula, vida, orgánulos, proteínas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, defensa, energética, amortiguadora, estructural, almacenaje, reserva, informativa, protectora.	Célula, vida, proteínas, lípidos, glúcidos, ácidos nucleicos, nutrición, orgánulos, ribosoma, membrana plasmática, lisosoma, aparato de Golgi, vacuola, mitocondria, retículo endoplasmático, núcleo, relación, transporte, selección, almacén, respiración celular, energía, transformación, información, reproducción, mitosis.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria (Ej: adjetivos, nada de estructuras ni de procesos)	Arbitraria (¡ojo! No tanto arbitraria como insuficiente)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples (¡muy!)	Simples (¡no hay nexos!)
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Nada significativas	Nada significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil (niveles marcados)	Débil	De libro (bioquímica, citología, metabolismo-fisiología)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
			¡ojo! La explicación del mapa me ha llamado la atención porque tiene su lógica, tiene coherencia.

NOMBRE: Joel

CURSO: COU A

FECHA: 4-8-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, nutrientes, célula, mitocondria, energía, retículo endoplasmático, núcleo, proteínas, citoplasma, información hereditaria, orgánulos, ribosomas, vacuolas, lisosomas, información.	Materia, célula, reacciones, energía, ácido nucleico, proteínas, reproducción, ARN, ADN, orgánulos, transporte, medio, agua, nutrientes, ser vivo, vida, procariontes, eucariontes, hidratos de carbono, lípidos, organismo, sales.	Metabolismo, proteínas, glúcidos, energía, célula, funciones vitales, fermentación, organismo, vida, nutrientes, proceso anabólico, proceso catabólico, monosacáridos.	Retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondrias, crestas mitocondriales, citoesqueleto, hialoplasma, célula, vacuolas, fotosíntesis, aparato de Golgi, vida, procariontes, eucariontes, animales, vegetales, membrana celular, ácido nucleico, cloroplastos, ADN, centrosomas, dictiosomas, membrana nuclear, citoplasma nuclear, cromosomas, proteínas, permeabilidad, nutrientes, medio, agua, ácido graso, lisosomas, desechos.	Proteínas, enzimas, reacciones, células, organismo, membranas plasmáticas, transporte, aminoácidos, seres vivos, cilios, linfocitos, inhibidores, planta, sistema inmunitario, vacunas.	Reproducción, gameto, genes, código genético, fenotipo, proteínas, ARN, ADN, ácidos nucleicos, información hereditaria, síntesis proteica, seres vivos.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: bioelemento)	Elaboración personal (Ej: metabolismo)	Elaboración personal (Ej: aparato de Golgi)	De libro	Elaboración personal (Ej: preg. 4 y reproducción)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg. 1)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: célula o permeabilidad)	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Elaboradas (Ej: preg. 5 y 6)	Elaboradas (preg. 5 y 6)	Pobres (no contesta sino una de pcd)	Pobres (Ej: preg. 5 y 6)	Pobres (Ej: preg. 4)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	Extrabiol./autónoma Globo	• metabolismo: muy parecido a una cadena rotatoria.	No se detectan	No se detectan	No se detectan

- ¡ojo! Se repite en otras ocasiones y lo dice también en el símil de la fábrica: el retículo endoplasmático envía nutrientes al núcleo.

NOMBRE: Joel

CURSO: COU A

FECHA: 4-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Vacuola, membrana celular, mitocondria, citoplasma, citoesqueleto, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, cromosomas, ADN, núcleo, ribosomas, membrana nuclear, energía, célula, nutrientes, centriolos.	Vacuola, lisosoma, membrana celular, mitocondria, aparato de Golgi, citoplasma, citoesqueleto, núcleo, ribosoma, retículo endoplasmático, animal, pared celular, vegetal.	Membrana plasmática, vacuola digestiva, lisosoma, mitocondria, vacuola de almacenamiento, fagocitos, núcleo, vacuola, ribosoma, proteína.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (1° y 3°) identificación y comentario de ¡alguna! función con uso de palabras y frases y flechas (¡ojo! Los nutrientes entran y por el retículo endoplasmático van hasta el núcleo : ha dicho esto varias veces.	Identificación (1° y 3°) Identificación y funciones con notaciones no verbales (dibujos de distintos orgánulos como en el símil de la fábrica. Extrabiol./repetición de clase)	Identificación y funciones con uso de notaciones no verbales (usa dibujos para distintos orgánulos con el símil de la fábrica. Extrabiol./repetición de clase)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Joel

CURSO: COU A

FECHA: 4-8-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Orgánulos, núcleo, membranas, nutrientes, membrana nuclear, ribosomas, cromosomas, ADN, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, citoplasma, citoesqueleto, mitocondria, membrana celular, vacuola, vida, energía, célula, información genética, ARN, centriolos, proteínas, funciones vitales.
Origen de la vida 18/11/96	Materia, célula, reacciones, energía, ácido nucleico, proteínas, reproducción, ARN, ADN, orgánulos, transporte, medio, agua, nutrientes, ser vivo, vida, procariontes, eucariontes, hidratos de carbono, lípidos, organismo, sales.
ex. GLUC. 9/12/96	Metabolismo, proteínas, glúcidos, energía, célula, funciones vitales, fermentación, organismo, vida, nutrientes, proceso anabólico, proceso catabólico, monosacáridos.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Procarionte, animal, célula, vegetal, citoplasma, membrana, citoesqueleto, pared celular, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuola, centrosoma, ribosoma, lisosoma, núcleo, cromosomas, célula, nuclear, celular, nuclear, movilidad, celular, protección, elección de nutrientes, estructural, transporte de nutrientes, creadores de energía para mantener actividades vitales, almacenamiento, enzimas, reproducción, contenedor de información.
ex. LÍP. 26/2/97	Retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondrias, crestas mitocondriales, citoesqueleto, hialoplasma, célula, vacuolas, fotosíntesis, aparato de Golgi, vida, procariontes, eucariontes, animales, vegetales, membrana celular, ácido nucleico, cloroplastos, ADN, centrosomas, dictiosomas, membrana nuclear, citoplasma nuclear, cromosomas, proteínas, permeabilidad, nutrientes, medio, agua, ácido graso, lisosomas, desechos.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, enzimas, reacciones, células, organismo, membranas plasmáticas, transporte, aminoácidos, seres vivos, cilios, linfocitos, inhibidores, planta, sistema inmunitario, vacunas.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, vida, orgánulos, proteínas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, defensa, energética, amortiguadora, estructural, almacenaje, reserva, informativa, protectora.
ex. AN. 12/5/97	Reproducción, gameto, genes, código genético, fenotipo, proteínas, ARN, ADN, ácidos nucleicos, información hereditaria, síntesis proteica, seres vivos.
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana, nutrientes, célula, mitocondria, energía, retículo endoplasmático, núcleo, proteínas, citoplasma, información hereditaria, orgánulos, ribosomas, vacuolas, lisosomas, información.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Membrana plasmática, vacuola digestiva, lisosoma, mitocondria, vacuola de almacenamiento, fagocitos, núcleo, ribosoma, proteína.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Célula, vida, proteínas, lípidos, glúcidos, ácidos nucleicos, nutrición, orgánulos, ribosoma, membrana plasmática, lisosoma, aparato de Golgi, vacuola, mitocondria, retículo endoplasmático, núcleo, relación, transporte, selección, almacén, respiración celular, energía, transformación, información, reproducción, mitosis.
Cuestionario final 29/5/97	Células, vacuola, lisosoma, membrana celular, aparato de Golgi, mitocondria, citoplasma, citoesqueleto, núcleo, ribosoma, retículo endoplasmático, vida, funciones, nutrición, relación, energía, respiración celular, nutrientes, reproducción, animal, vegetal, cloroplasto, pared celular, proteínas, desecho
Entrevista. 20/7	Células, energía, entropía, reproducción, organismo, organización, seres vivos, medio, vida, principios orgánicos, orgánulo, relación, proteínas, animales, plantas, núcleo, vacuolas, membrana, lisosoma, mitocondrias, nutrientes, anabolismo, catabolismo, metabolismo, transporte, cloroplastos, materia.

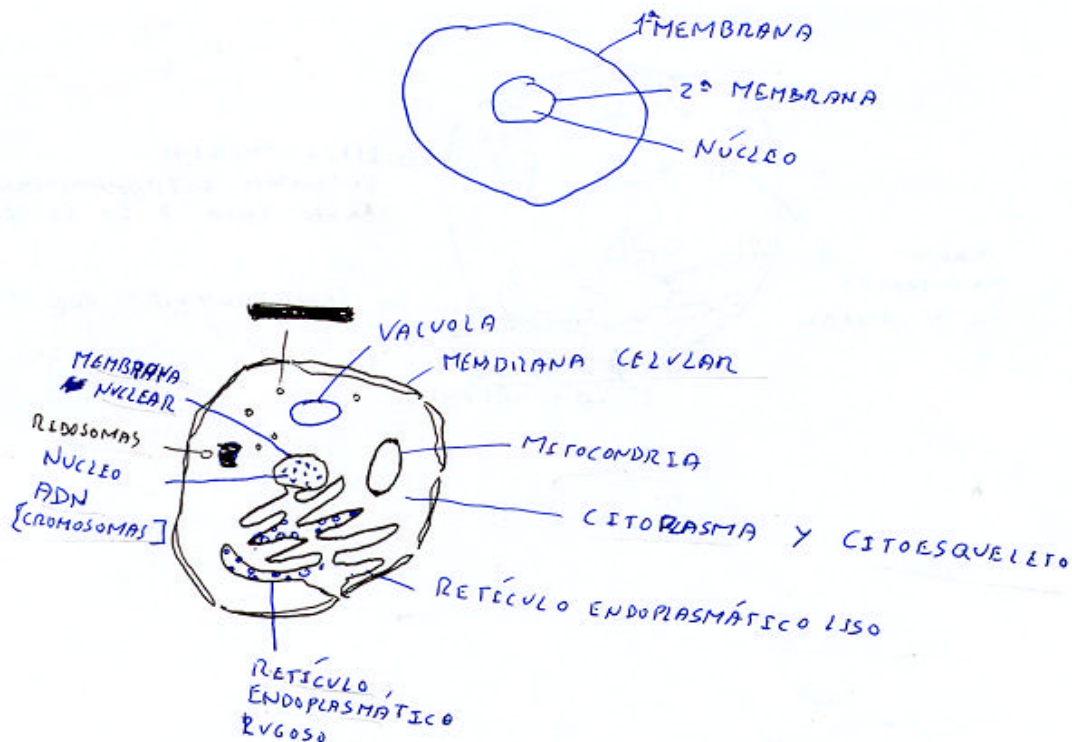
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Orgánulos, núcleo, membranas, membrana nuclear, ribosomas, cromosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, citoplasma, citoesqueleto, mitocondria, membrana celular, vacuola, centriolos.	Orgánulos.	-	Citoplasma, membrana, citoesqueleto, pared celular, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuola, centrosoma, ribosoma, lisosoma, núcleo, cromosomas.	Reticulo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondrias, crestas mitocondriales, citoesqueleto, hialoplasma, vacuolas, aparato de Golgi, membrana celular, cloroplastos, centrosomas, dictiosomas, membrana nuclear, citoplasma nuclear, cromosomas, lisosomas.	Membranas plasmáticas, ciclios.	Orgánulos.	-	Membrana, mitocondria, retículo endoplasmático, núcleo, citoplasma, orgánulos, vacuolas, lisosomas.	Membrana plasmática, vacuola, lisosoma, mitocondria, núcleo, ribosoma.	Orgánulos, ribosoma, membrana plasmática, lisosoma, aparato de Golgi, mitocondria, retículo endoplasmático, núcleo.	Vacuola, lisosoma, membrana celular, aparato de Golgi, mitocondria, citoplasma, citoesqueleto, núcleo, ribosoma, retículo endoplasmático, cloroplasto, pared celular.	Orgánulo, núcleo, vacuolas, membrana, lisosoma, mitocondrias, cloroplastos.	AG4,centriolo1,centrosoma2,ctq4,ctpl5,clpt4,crmit1,crma3,dictiosoma1,hpl1,li ss7,mnbr9,mbrcl3,mmbrnucl2,mmbrplasm2,mitc8,núcl7,org6,Paredcel2,RE6,REL1,RER2,rib7.
Moléculas	Nutrientes, ADN, ARN, proteínas.	Ácido nucleico, proteínas, ARN, ADN, agua, nutrientes, hidratos de carbono, lípidos, sales.	Proteínas, glúcidos, nutrientes, monosacáridos.	Enzimas.	Ácido nucleico, ADN, proteínas, nutrientes, agua, ácido graso.	Proteínas, enzimas, aminoácidos, inhibidores.	Proteínas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos.	Genes, proteínas, ARN, ADN, ácidos nucleicos.	Nutrientes, proteínas.	Proteína.	Proteínas, lípidos, glúcidos, ácidos nucleicos.	Nutrientes, proteínas.	Principios orgánicos, proteínas, nutrientes.	AN5,ADN4,agua2,aa1,ARN3,enz2,gen1,glúc3,inhibidor1,líp3,monosac1,nutriente7,principiosorgánicos1,prot12.
PROCESOS Mts.	-	-	Metabolismo, fermentación, proceso anabólico, proceso, catabólico.	Almacenamiento.	Fotosíntesis, desechos.	-	Almacenaje, reserva.	Síntesis proteica.	-	-	Almacén, respiración celular, transformación.	Respiración celular, desecho.	Anabolismo, catabolismo, metabolismo.	Anb1,catl1,desecho2,ferment1,ftst1,mtb2,resp2,respcel2,síntesis2,sprot1,transformación1.
Otros	Funciones vitales.	Reproducción, transporte.	Funciones vitales.	Reproducción.	-	Transporte.	-	Reproducción.	-	-	Nutrición, relación, transporte, reproducción, mitosis.	Funciones, nutrición, relación, reproducción.	Reproducción, relación, transporte.	Funciones3,FV2,mitosis1,nut2,rel3,rep6,transporte4.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
CONCEPs GRALES:	Vida, energía, célula, información genética.	Materia, célula, reacciones, energía, medio, ser vivo, vida, procariontes, eucariontes, organismo.	Energía, célula, organismo, vida.	Procarionte, animal, célula, vegetal, movilidad, protección.	Célula, vida, procariontes, eucariontes, animales, vegetales, medio.	Reacciones, células, organismo, seres vivos, planta.	Célula, vida, defensa.	Información hereditaria, seres vivos.	Célula, energía, información hereditaria, información.	-	Célula, vida, selección, energía, información.	Células, vida, energía, animal, vegetal.	Célula, energía, entropía, organismo, organización, seres vivos, medio, vida, animales, plantas, materia.	Ani4,célula11,energía7,entropía1,genética1,información4,infgen1,materia2,medio3,organismo4,organización1,planta2,react2,svv4,vgt3,vida8.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Permeabilidad.	Linfocitos, sistema inmunitario, vacunas.	-	Código genético, fenotipo.	-	Fagocitos.	-	-	-	Códgen1, fenotipo1, linfocito1, permeabilidad1, sistin munitario1, vacuna1.
MODELO	A	A/B	B	A	B	B	A	B	A	A	A	B	B	¿B?

¿Qué es lo que hace Joel frente al contenido celular a lo largo del curso? ¿Cómo lo procesa en su mente? Eso es algo que evidentemente no podemos saber ya que no podemos meternos en su cabeza, pero sí que podemos inferir cómo lo hace, deducir cómo lo ha trabajado y cómo ha operado con ese contenido, analizando sus producciones y verbalizaciones, extrayendo datos de lo que comunica que nos permitan definir o caracterizar, desde fuera, por supuesto, su forma de pensar acerca de la célula, sus modelos mentales como intermediarios para abordarla e intentar comprenderla. Y, en definitiva, lo que hacemos con ese material que él ha producido a lo largo del curso es construir un modelo mental sobre sus modelos mentales, generar una representación que nos permita comprender cómo ha trabajado cognitivamente con esa realidad célula que la asignatura lo obliga a estudiar; es lógico, pues, que lo que hacemos no es otra cosa que explicar e inferir cómo creemos que piensa y que genera, él también, explicaciones y predicciones con respecto a esa célula como mundo real. Y nuestras predicciones sobre su evolución a lo largo del curso se orientan hacia un trabajo mental que ha variado alternativamente entre lo que se ha categorizado como modelo A –sólo estructural- y B –dual: estructural/funcional- o, cuanto menos, así lo atestiguan los registros obtenidos a respecto. Una aseveración semejante requiere justificación por lo que corresponde que nos dispongamos a ello. Comencemos por el cuestionario inicial (22-10-96), primer instrumento que ha servido para recoger la información pertinente; en él nos encontramos con algo realmente llamativo: por su forma de comunicarse, de escribir, de explicar, podríamos admitir que su representación se correspondería con un modelo de célula global, integrado, explicativo, una idea que, en varias ocasiones, muestra tener en mente de que la célula no es sólo algo estático sino que tiene una forma de actuar característica. Un ejemplo puede ser lo siguiente:

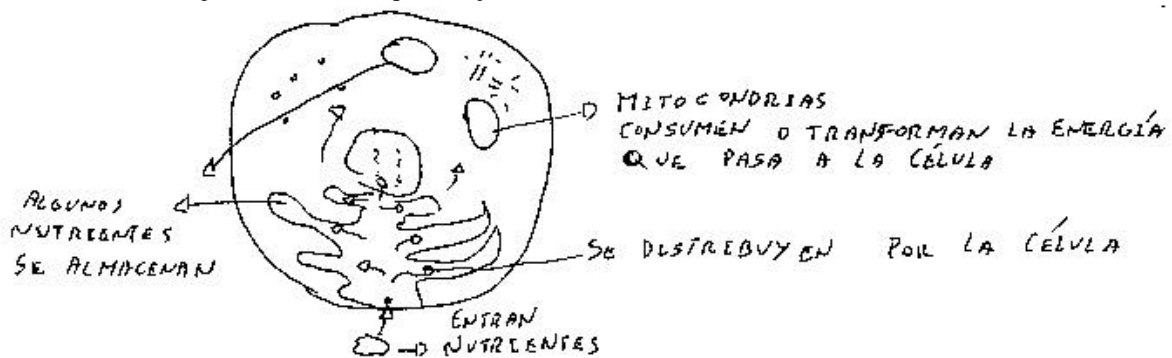
- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

“COMO UN HUEVO. Tiene un núcleo esférico, tiene dos membranas, reserva o almacena nutrientes”.



La célula “reserva y almacena”, o sea, hace algo, procesa algo. Sus frases son elaboradas, no correspondiéndose con lo que es habitual en los libros de texto, lo que supone una consecuencia de un grado de procesamiento de la información recibida importante y, de hecho, desde este primer momento el dibujo con el que pretende plasmar su funcionamiento resulta muy interesante porque en él hace uso de flechas que dan idea de sentido o destino y de verbos que marcan algunas acciones propias de la célula.

- Si tuvieras que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
- “La unidad más simple de vida.
- Tiene la cualidad de transformar la Energía de Alta Calidad en Energía de Baja Calidad para poder seguir con sus actividades vitales.
- Realiza todas las actividades vitales”.
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- “Se nutre: la membrana celular deja entrar al interior de la célula los nutrientes que necesita la célula para seguir con sus actividades vitales. Transforma la Energía de Alta Calidad en Energía de Baja Calidad.
- Se reproduce: Para poder tener descendencia y que no desaparezca debe de hacer copias de sí misma.
- Se Relaciona”.
- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?



Y con esa representación explicativa que es un signo de comprensión integral es dable pensar que, del mismo modo que lo dota de poder explicativo, lo dota también de poder predictivo, de posibilidades de razonar válidamente, en este caso, en términos biológicos.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?
- “Tener vida: tener un consumo de energía, Reproducirse, nutrirse, relacionarse.
- Una membrana que la proteja y selecciones los nutrientes, un orgánulo que transforme la energía (mitocondria), un núcleo donde se almacene la información genética, alguien que transporte los nutrientes por la célula y otro que los almacene.
- MEMBRANA CELULAR, VACUOLAS, MITOCONDRIA, RIBOSOMAS, CENTROSOMAS, LISOSOMAS, ADN, ARN, RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO Y CITOPLASMA”.

Y ya aquí, ante esta respuesta, nos encontramos con algo chocante: ¡hay dos partes claramente delimitadas en la misma!, una que sí que muestra indicios de pensar y de deducir y otra que no es más que una relación de orgánulos y estructuras. Eso junto con algunos conceptos generales es lo único que ha usado Joel en todo el cuestionario, no recurriendo para la dinámica celular más que a “funciones vitales” como concepto y

haciéndola descansar, como ya se comentó, en los verbos de los que echa mano. Parecía, pues, que había generado un modelo mental causal, integrado, global (modelo C) y más bien parece por su manejo conceptual que sea sólo un modelo estructural en la medida en que no ha construido los conceptos metabólicos y de otra naturaleza que realmente le permitan esa causalidad, no ha añadido a su representación los elementos necesarios y suficientes para ello. El examen de Origen de la Vida (18-11-96) es aún más curioso en este sentido pues su uso de la información es similar, elaborando mucho sus frases, sentencias que articula en un discurso bien estructurado que refleja una organización autónoma del contenido que selecciona; incluso sus deducciones son elaboradas, razonadas. ¿Pero qué pasa en su cabeza cuando hace este ejercicio? ¿Qué elementos son los que tiene o maneja en su representación? En términos estructurales utiliza varios conceptos moleculares y sólo “orgánulos” como concepto macromolecular, no recurriendo a ninguno en particular. Y si observamos los conceptos funcionales, no hay ninguno metabólico y sólo “reproducción” y “transporte” como procesos de naturaleza diferente. Podría concluirse que tiene en su mente una representación estructural a la que imprime de dinamismo pero que en ambos aspectos trabaja con pocos elementos específicos, que es poco explicativa, en definitiva, en términos biológicos, que no da cuenta de toda su complejidad estructural y comportamental, ya que, por ejemplo, no incorpora el procesamiento energético, pero que da cuenta para Joel como intermediaria y en cierto sentido de la misma y, sobre todo, que a él le resulta eficaz, le es útil cada vez que la necesita y la ejecuta como modelo de la célula. Su forma de explicarla es como sigue.

“Unidad principal de la vida. Hay dos tipos de células, las procariontes (virus y cianobacterias) y las eucariontes (demás seres vivos). La célula está compuesta de una serie de moléculas, a destacar las proteínas y los ácidos nucleicos además de los hidratos de carbono y lípidos, todos componentes estructurales de la célula”.

¡Es pobre!, es una explicación limitada en la que, de todos modos, llama la atención algo que se repetirá en otros registros: su uso de las moléculas orgánicas, algo a lo que recurrirá con frecuencia y que no es muy común en sus compañeros. No puede ser ésta solamente su idea de célula y de su comportamiento, como se decía, porque esta simple definición no le permitiría explicar y razonar en una perspectiva biológica y eso es, precisamente, lo que hace ante la pregunta:

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchán y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“La medusa es uno de los seres vivos, que actualmente viven, de los que más antigüedad tienen. Si nos damos cuenta, es un organismo simple. El 90% de su cuerpo es agua, el 10% sobrante es materia orgánica causante del trasiego de agua por el interior del cuerpo de la medusa, pero al morir, este trasiego se ve frenado por lo que la actividad celular se ve parada, deja de pasar el agua y ésta se va perdiendo, por lo que, al perder el agua, que es el componente más abundante de este ser, pierde su volumen, y al perderlo, ya no tiene nada que mantenga la estructura de la medusa por lo que se deshinchá y por lo tanto, se arrugan.

Todo organismo viviente al estar compuesto de agua, cuando muere su estructura deja de funcionar correctamente por lo que este contenido de agua se ve reducido, por lo tanto, esta estructura pierde volumen y consistencia y se arruga.

Llenas un globo de agua, lo dejas unos días en este estado, transcurridos éstos, le haces un pequeño agujero, el agua se va perdiendo y la estructura del globo pierde volumen y se va arrugando, las paredes del globo, al vaciarse totalmente se pegan y transcurrido un largo tiempo esta estructura se pudre y se descompone”.

Cierto es, de todos modos, que no entra en los por qué, que no aborda lo que ocurre en el interior del animal mientras está vivo, que no explica nada en términos de ósmosis, pero parece incuestionable que su desarrollo sigue una lógica aceptable que requiere, al menos, cierta comprensión de la entidad celular y el uso de conceptos específicos -¡su significado!-.

Su forma de explicar el metabolismo en el examen de Glúcidos (9-12-96) es muy personal. Este concepto aparece por primera vez en la estructura cognitiva de Joel, lo incorpora a sus conjuntos de elementos con los que operar pero no lo hace significativamente a juzgar por la evolución posterior que sigue y, también, por su forma de explicarse en este ejercicio ante las preguntas que lo requieren. Veamos cómo lo expresa.

“Muy parecido a una cadena rotatoria el metabolismo se divide en ANABÓLICO y en CATABÓLICO, es decir, en un momento puede realizar un proceso anabólico (síntesis) en el que produce u ordena más algo y en otro momento realiza un proceso catabólico (transforma) en el que una estructura (y)ordenada se desordena. Los dos procesos están unidos para el bien del ser”.

Parece que ha captado la idea, que ha percibido su forma de actuar, incluso usando un símil, pero la realidad es otra o, al menos, así lo señala su ausencia de poder o capacidad explicativa si atendemos a que no ha podido responder a cuestiones de razonamiento en las que tenía que usar estos conceptos.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“Sí. Porque de otras biomoléculas como las proteínas y los glúcidos se puede transformar energía para ser utilizada por la célula para seguir con sus funciones vitales”.*

Sólo pudo contestar, como vemos, a la última de ellas y en unos términos francamente insuficientes, parciales, incompletos pues, por ejemplo, no da cuenta en su breve respuesta de la estructura celular. ¿Está pensando sólo en funcionamiento en este momento? Echemos un vistazo a los conceptos utilizados por este alumno en el conjunto del examen; parecen darnos la respuesta a esta cuestión ya que ¡no se cita ni un solo concepto organular!, lo que da pie para pensar que, efectivamente, sólo piensa en cómo funciona la célula y no en cómo es, lo que limita considerablemente su comprensión pues su modelo dual sólo está abordando una de esas vertientes que conforman el sentido de la célula como unidad de vida. Ello hace que, como acabamos de ver, su poder explicativo sea limitado, tanto que no pudo responder a tres de las cuestiones anteriores, cosa que era factible si hubiese generado un modelo más global o,

al menos, si hubiese rescatado algo de sus elementos estructurales, aunque hubiese sido parcialmente, como parcial es el modelo que construyó en este momento.

¿Generó alguna representación de célula cuando hizo su primer mapa conceptual (9-1-97)? Debió haber construido alguna que fue la que le permitió, por ejemplo, presentar todo un largo nivel constituido por los orgánulos, o sea, un modelo estructural, pero el resto no es un mapa conceptual ya que lo continúa con frases que pretenden dar información sobre procesos y funciones pero que no tienen ningún sentido, ningún significado, tanto es así que no están ni tan siquiera unidas por nexo alguno. Joel en este momento sólo pensó en una estructura y, aun así, una estructura en la que plasma múltiples problemas que evidencian una limitadísima comprensión del ente que pretende representar. No parece que ocurra lo mismo en su mente cuando se enfrenta al examen de Lípidos (26-2-97), pues en esta ocasión nuevamente da la impresión de que genera un modelo algo más explicativo; su forma de comunicar qué entiende por célula es como sigue.

“Es la unidad más pequeña de vida.

Se divide en dos clases, las procariontes (Bacterias, virus ..) y Eucariontes. Ésta última clase pueden ser células eucarionte(s) animales o vegetales.

Mientras que las células procariontes son más simples en su estructura (membrana celular, hialoplasma, citoesqueleto, ácido nucleico, y algunas con cloroplastos englobados en la célula); las células Eucariontes son más complejas, ya que se piensa que son unión, endosimbiosis, de unas células procariontes en otras células, creándose esta conjunción. Éstas se cree(n) que pueden ser las mitocondrias y los cloroplastos, ya que poseen restos de ADN por lo que podían multiplicarse por sí solas. Las células eucariontes están formadas por membrana celular, lisosomas, ribosomas, centrómeros, dictiosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático liso y rugoso, hialoplasma citoesqueleto, membrana nuclear, citoplasma nuclear y cromosomas, ácidos nucleicos”.

La explicación anterior no cabe duda de que es autónoma, un ejemplo de cómo organiza personalmente la información que ha procesado. Conviene comentar, no obstante, dos detalles de interés: considera los virus con organización celular y, sobre todo, habla de estructuras, describe la entidad física, pero no incorpora nada que justifique su forma de actuar. ¿Qué es lo que hace para Joel que una célula sea una estructura viva? Él no da respuesta a esto en lo que externaliza. De cualquier manera, su modelo en este momento no debe ser sólo estructural, pues lo le permitiría establecer la más mínima inferencia que supusiese algún proceso biológico, sino que debe ser dual en la medida en que es capaz de hacer algún que otro tímido razonamiento, con cierta lógica, es decir, captar alguna interacción, lo que supone funcionamiento, y ello da pie para pensar que debe haber construido, de hecho, ese doble esquema que explica por un lado estructuras y por otro comportamientos. Un ejemplo de esa forma de razonar nos lo brinda este ejercicio ante la pregunta:

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

“Como sabemos, la piel es una capa impermeable, cuya misión es aislarnos del exterior y protegernos impidiendo que la penetren sustancias Yo diría que para lo único

que serviría sería para retraz(s)ar el envejecimiento, al poner una barrera más que impida que la piel pierda más agua de la que se evapora por la piel y dándole cierto brillo rejuvenecedor pero que sólo es apariencia porque desde que desaparezca esta capa lipídica adicional, el brillo causado por el aceite, que ya sabemos que es un lípido, también desaparecerá. Se me olvidó decir que si la piel es impermeable, no dejaría entrar a los lípidos, sólo dejaría que se pegara a ella, formando una capa pienso yo.

Como sabemos los lípidos conforman una capa impermeable lo cual con ello podemos adivinar que si [...] la piel, o mejor dicho, si (h)untamos la piel con lípidos (grasas o aceites, mejor) tendríamos no una capa, sino dos capas impermeables por lo que la evaporación del agua del cuerpo por transpiras(c)ión se vería reducida.

Los aceites y las grasas, suelen tener un brillo característico. La piel, al poseer los aceites o grasas se ve este brillo, pero con el paso del tiempo, la piel, se deshidrata y pierde también consistencia el brillo de los aceites de la piel. A añadir esta crema con liposomas, lo que estamos haciendo es añadiendo aceites a la piel, pero se quedan en el exterior con la consecuente pérdida rápida de estas propiedades de la crema, de dar brillo aparentemente de rejuvenecer”.

Una capacidad predictiva, en todo caso, bastante limitada, tanto como hemos visto, pues se detectan hasta graves problemas de expresión; es más: ésta es la única de las preguntas de estas características que responde, dejando sin contestar otras dos, lo que da idea del pobre poder explicativo y predictivo del modelo mental que construye, un modelo que si observamos los elementos que usa, efectivamente adolece de incorporación significativa de conceptos funcionales (¡sólo fotosíntesis y desechos!) y utiliza, sin embargo, con profusión conceptos estructurales. Las cosas cambian poco en su mente cuando hace el examen de Proteínas (14-3-97) en el que otra vez parece pensar en ese doble nivel pero con una limitación aún mayor en su uso conceptual; podría concluirse incluso que su representación es significativamente más pobre que en el registro anterior y, de hecho, sus inferencias siguen siendo pobres, su poder de anticipación de respuesta bajo como consecuencia de un modelo mental que lo dota de poca comprensión con respecto al mundo que representa, recurriendo, además, a repetir mecánicamente información que evidentemente no ha procesado en términos biológicos de manera que ampliara sus posibilidades explicativas y, con ello, esa comprensión. Eso se desprende de la forma de resolver la siguiente cuestión:

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

“Pues porque hay unos inhibidores irreversible(s) que actúan sobre ciertas enzimas, pero estas enzimas pueden variar de un tipo de planta a otro, por lo que actuaría sobre unas y sobre otras no.

El Roundup ha sido estudiado para que actúe sobre una(s) enzimas específicas que son pertenecientes a estas malas hierbas y se ha comprobado que no actúan sobre las plantas de cultivo, porque en este caso actuarían como inhibidores reversibles, queriendo decir con esto que pueden volver a ser funcionales, las enzimas de estas plantas.

Lo comprobaría haciendo actuar sobre este inhibidor sobre los dos tipos de planta y ver lo que ocurre.

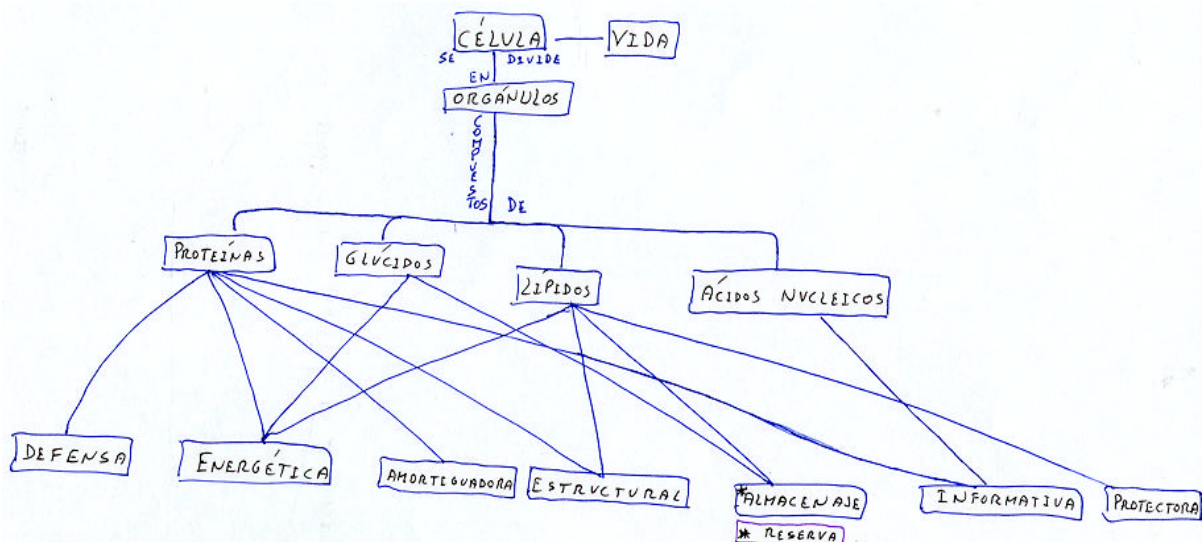
Pero no podemos olvidar que puede actuar sobre estas plantas de cultivo. Para (h)echar este producto hay que estudiar las plantas sobre las que se va a arrojar y

comprobar que no contengan fenilalanina y triptófano, porque lo que haríamos sería matar también las plantas de cultivo”.

Limitadas explicaciones son las que hace Joel en las que no entra en profundidad en el significado de los conceptos, no los rescata porque para él han adquirido poco significado, alguno, eso sí, pero poco. ¿Qué entiende él ahora que es una célula? Veamos cómo lo comunica al responder al papel que le asigna a los enzimas en su estructura y en su funcionamiento.

“Lo que pasaría es que ni la estructura ni el funcionamiento de la célula (no estaría tan desarrollado como lo está ahora. Las reacciones celulares serían muchísimo más lentas, no habría tanta evolución y diversidad biológica, la célula primitiva no habría variado apenas en su aspecto original. Seguiría casi todo como al principio, simples células, que no han variado casi nada desde un principio”.

¿No resulta sorprendente? Introduce estructura y funcionamiento pero no dice nada al respecto, no entra en ellos, comentando sólo que existen reacciones (cierto es que justifican cómo se comporta una célula), evolución, ... y, aún más curioso, se refiere a “simples células”; ¿qué es lo que entiende Joel por “simples células”? Su respuesta no nos permite contestar a esto pero sí que nos da pie para pensar que, efectivamente, su comprensión sobre esta entidad es limitada y, como dato, hemos de considerar al respecto que ¡las primeras células, las primitivas, no debían tener enzimas! ¿Cómo procesaban, entonces, la materia y la energía? Ante esto no cabe más que concluir que este alumno no ha comprendido qué hace la célula con ello. Y otra vez prueba de esto mismo es el siguiente mapa conceptual que elabora (1-4-97) en el que la selección que hace es arbitraria (incluyendo, por ejemplo, adjetivos), no plasmando más que dos nexos y no incorporando nada relativo a estructuras ni a procesos celulares; lógicamente, del mismo se deriva que Joel no le ha atribuido ningún significado a lo poco que incorpora.



En el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) de nuevo observamos que Joel no utiliza ni un solo concepto organular, echando mano sólo de algunas moléculas como conceptos estructurales; y no es mucho mayor o más destacable su uso de aquéllos que se refieren a procesos celulares, aquello que justifica la razón de ser de una célula como entidad viva. Recurre a repetir mecánicamente la información que maneja que, además, es bastante escasa, lo que, como puede entenderse, limita en extremo sus posibilidades

explicativas. Cuando da cuenta del papel que tienen los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento celular, sin embargo, y aunque con extremada concisión, este alumno es capaz de percibir su papel tanto en lo que a construcción de materia celular se refiere como en lo que supone la información para todo su funcionamiento y ello no cabe duda de que es un signo de una cierta idea de la complejidad celular, de la interacción estructura/función que la caracteriza, aunque sea en términos poco explicativos desde el punto de vista biológico y claramente insuficientes desde la perspectiva del contenido abordado en las clases; está claro ante su lectura que a pesar de la parquedad de sus respuestas, de la poca recuperación de los elementos de su representación (probablemente porque no los ha construido), su célula en este momento no es sólo una estructura.

“ Tienen una gran importancia puesto que la misión de los ácidos nucleicos son los encargados de transportar la información hereditaria. Además, son los encargados de coordinar la síntesis proteica. Y con ello, la misión de formar los complejos estructurales de los que estamos compuestos los seres vivos”.

Su forma de interpretar el dibujo que se le presenta desde la perspectiva celular (13-5-97) podría entenderse como el reflejo o la consecuencia de lo que formalmente se ha denominado modelo mental A o sólo estructural; en toda su explicación no usa ni un solo concepto funcional y se limita a describir una relación de orgánulos de los que dice algunos de sus papeles biológicos usando para ello verbos. De hecho, esa explicación no es más que un conjunto de frases sueltas que no tienen nada en común, no responden a hilo conductor alguno. En todo caso y aunque así se ha tipificado esta explicación como producto, cabría pensar, si atendemos a esos verbos que señalan acciones, que Joel tiene en su mente esa estructura celular, tal cual la ve en el dibujo presentado, a la que le imprime una muy tímida forma de actuar, repitiendo mecánicamente algunas de las funciones que hacen esas estructuras aunque sea sólo en términos memorísticos.

“Como vemos en el dibujo la membrana actúa como barrera protectora con unas entradas por las que pasan una serie de nutrientes seleccionados a su entrada según las necesidades de la célula.

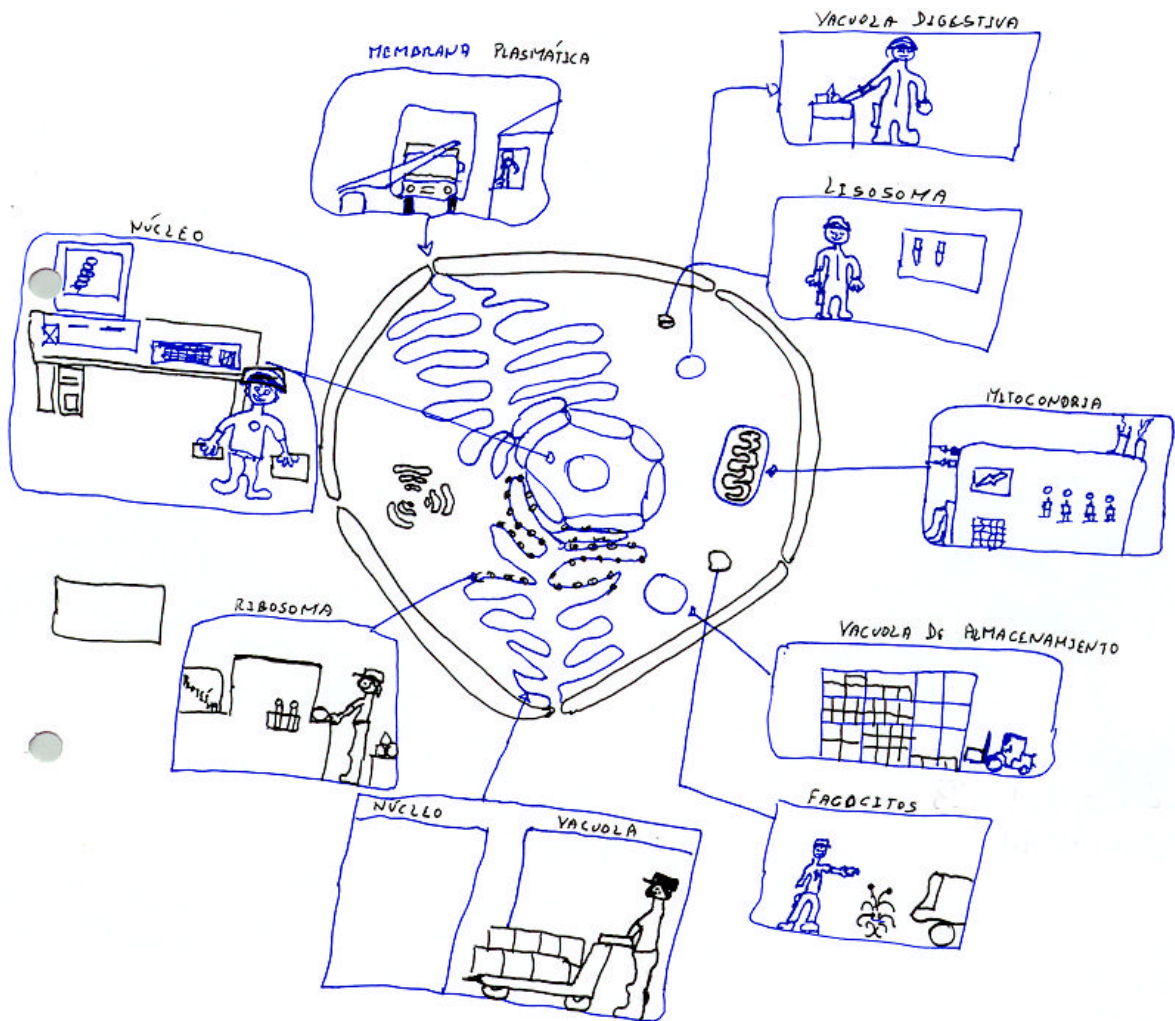
La mitocondria es la central eléctrica, productora de la energía causante de que haya actividad celular.

El retículo endoplasmático envía nutrientes al núcleo, estos nutrientes suelen ser proteínas que también dispersa por el citoplasma.

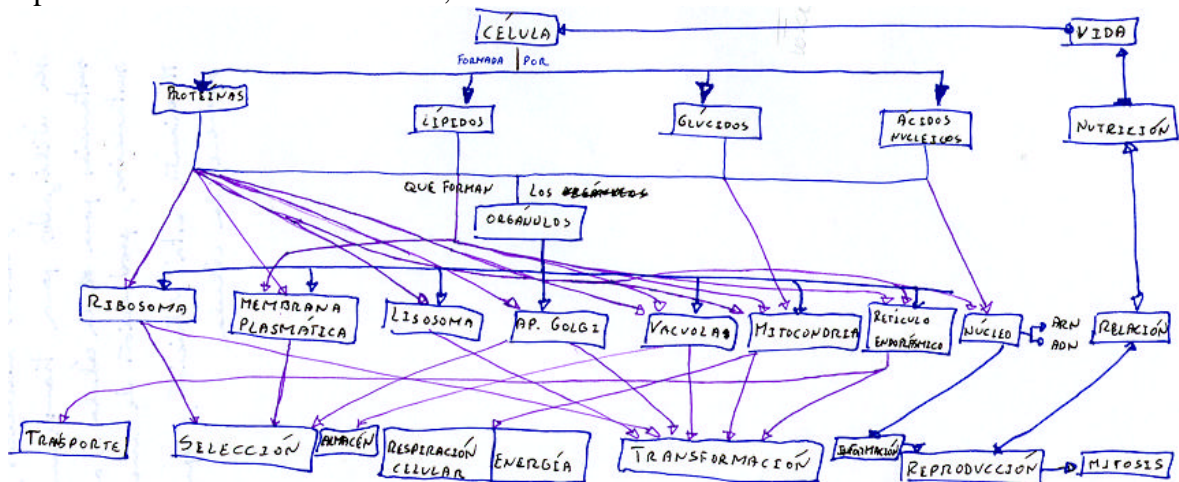
El núcleo encargado de transmitir la información hereditaria y transmitir órdenes a los orgánulos, es decir, manejar la información que posee para manejar y organizar los orgánulos para que no haya desorden y la célula pueda vivir.

Los ribosomas son los encargados de sintetizar proteínas que más tarde podrán ser utilizadas para la formación de estructuras o serán reservadas en vacuolas de almacenamiento, que como dije serán utilizadas más adelante por medio de los lisosomas que utilizarán vacuolas digestivas”.

Y esa imagen dejó huella en este joven, se fijó en su representación mental de la célula hasta el extremo de que cuando unos días más tarde le pedimos que plasmara en un dibujo la estructura y el funcionamiento celular, lo que hace es algo muy similar; sitúa una célula central muy libresca, prototípica, y a su alrededor dibuja distintas viñetas para diferentes orgánulos similares a la función que él les asigna. Sólo usa conceptos estructurales, organulares excepto uno, añadiendo “fagocito” erróneamente como estructura.



En el tercer mapa conceptual que hace Joel (21-5-97) no hay muchas diferencias con respecto al anterior; la selección de conceptos es arbitraria e insuficiente, no define nexos y, claro está, como resultado plasma proposiciones que no tienen ningún significado, de tal manera que no se sabe cómo ni por qué ha unido dichos conceptos. Si esto es lo que externaliza, será probable que en su mente las cosas en lo que a su representación de célula se refiere, sean similares.



En todo caso, su idea de célula no es la misma que la de aquellos primeros momentos del curso; llama la atención en ese sentido que la explicación que hace Joel de su mapa conceptual tiene su cierta lógica, muestra una concepción de célula que no

es la que emana del propio mapa conceptual, responde a patrones de coherencia, lo que nos permite concluir, por otra parte, que este alumno se encuentra más cómodo en el terreno del discurso para comunicar su forma de ver las cosas, de representarlas.

“La célula está formada por una serie de elementos orgánicos. La célula, mediante unos procesos, transforma estos elementos (Proteínas, lípidos, glúcidos y ácidos nucleicos) en orgánulos, encargados de realizar las funciones comprendidas en la célula como son selección de proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, glúcidos, según convenga para luego ser utilizados para transformaciones (destrucción y formación de nuevas sustancias para la célula), almacén de información y de otras sustancias, producción de energía para poder vivir, etc.

Mediante esta nutrición, reproducción y relación aparece la vida, aparece la célula”.

¿Qué nos aporta el cuestionario final (29-5-97)? Cuando se le requieren dibujos los hace pero extraordinariamente similares a los que hemos visto; de hecho, ante la observación, por ejemplo, de uno de ellos, no se detectan diferencias significativas con respecto a lo que hizo en el mes de octubre y en otro, no vemos más que lo que los libros nos enseñan y con escasez de elementos, llamando la atención sobre todo uno de esos diseños que plasma su funcionamiento por ser igual al que ya hizo hace pocos días ante una demanda parecida. En esta última ocasión vuelve a echar mano de viñetas y a organizar su dibujo tal y como se presentó en el que interpretara con anterioridad que, como se comentó, dejó huella en su representación. ¿Y cómo usa las proposiciones y aseveraciones cortas para explicar lo que es una célula? Desde luego, lo que hace, considerándolo en su conjunto, no son frases de libro.

- Si tuviéramos que decir con res frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
- *“La unidad mínima de vida.*
- *Un mecanismo complejo, en el que entran en juego tres funciones importantes que son la nutrición, relación y producción que funcionan gracias a la energía que se produce en la respiración celular.*
- *Es una cosa muy pequeña y sin embargo realiza muchísimas funciones”.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- *“La célula funciona gracias a la respiración celular.*
- *Necesita nutrirse, luego tiene un mecanismo de selección de nutrientes.*
- *Posee un mecanismo de reproducción por medio del cual, la célula evoluciona y”.*

Ya se había advertido, de cualquier manera, sobre todo en su explicación del último mapa conceptual y en alguna que otra ocasión, que hay una cierta manera de ver la célula que no es sólo estructural sino que, a juzgar por lo que dice, da más la impresión de operar en un doble nivel, con un modelo mental dual. Su forma de explicar cómo cree que es el funcionamiento así lo atestigua pues en ella vemos otra vez el funcionamiento-suma, el catálogo o la descripción de lo que hace cada cosa, sin establecer conexiones e interacciones, sin haber captado, consecuentemente, el sentido global de su significado, la causalidad de los procesos que la caracteriza.

“La célula se nutre, se relaciona y se reproduce.

La membrana celular selecciona los nutrientes que necesita del exterior, para tener un funcionamiento correcto, cuando le es necesario y expulsa lo que es innecesario y productos de desecho.

El núcleo es el encargado de realizar la reproducción.

El retículo endoplasmático transporta sustancias de la membrana al resto de la célula, y además, si posee ribosomas, sintetiza proteínas; además puede almacenar sustancias.

Vacuolas se encargan de almacenar alimentos.

La mitocondria o cloroplastos, se encargan de producir energía que será utilizada por la célula”.

La entrevista final de Joel(20-6-97) no aporta nada que modifique la interpretación ya hecha sobre su forma de pensar en la célula. Resulta difícil de seguir porque en ella la fluidez de sus respuestas es muy baja, lo que complicó la conversación. De este modo, Joel en ella echa mano de frases entrecortadas que no articula, ¡no hay discurso!, contestando con muy pocas palabras y con monosílabos; todo lo más que se consigue es que repita mecánicamente alguna definición. En el curso de la misma, en todo caso, se evidencia una pobre imagen de célula, ¿de célula o de su estructura?

Joel: ¿célula?

ML : ¡mj !

Joel: pues ... comoo no sé cómo decirlo, ... comoo un plato.

ML : como un plato.

Joel: lleno deee ... así de distintos, distintooos componentes así.

ML : descríbemelo.

Joel: sí, por ejemploo como, como un centr, uuunnn así comoo un huevo en el medio.

ML : sí.

Joel: después rodeado de, de líquido y después ¡mmm! con otroos , con otros componentes así. [...].

ML : ¿esos otros componentes tienen alguna forma concreta ? ... en tu mente, lo que estás viendo en este momento.

Joel: no sé, ... forma

ML : ves cositas.

Joel: sí.

¡Y él ve los orgánulos como dibujos!, lo que parece claramente demostrado. Su célula tiene dibujos y, por eso, se parece ¡pero no! a la que se le acaba de poner delante, una foto de microscopía electrónica para la que, lógicamente, con esa representación, tiene problemas en su identificación.

ML : ¿tu imagen de la célula se parece a ésta ?

Joel: sí.

ML : sí. Dime en qué se parece.

Joel: sí que veo looos, veooo distintos ... ¿sabes ? los orgánulos así, distribuidos por la célula ... sí pero no, pero nooo con un orden ... niii ... ¿sabes ? ... no con un orden así como muy compleja ni sino más bien el, el núcleo en el centro más o menos, ¡eeehhh ! y los demás elementos alrededor ... así.

ML : ¡ya ! tu modelo se parece a este modelo ¿pero hay diferencias ?

Joel: sí.

ML : ¿cuáles ?

Joel: queee yo lo veía deee, máaaas, como más abstracto así, máaaas. ... máaaas, cómo decirlo, como si lo viéramos ... deee un dibujo o algo más.

ML : ¡ah ! se parece más a un dibujo que éste.

Joel: sí.

ML : pero tu modelo también, entonces, es una representación de una célula.

Joel: sí.

Joel considera que ha reestructurado más su información, su conocimiento, sobre la estructura celular que sobre el funcionamiento y, también, expresa manejarlos por separado, como si pensara en una cosa o en la otra, reconociendo que partía de una entidad física, su composición y su estructura, que ya conocía en la que ha intentado incorporar su forma de actuar.

ML : tú crees que sí, que tienes mejor organizada la información que tienes en tu modelo sobre la estructura.

Joel: sí.

ML : que sobre el funcionamiento. Respondería lo que sabes de funcionamiento a ideas sueltas, me estás diciendo. ... ¡ya ! ¿Tú crees que ha cambiado a lo largo del curso tu idea o tu modelo de célula ?

Joel: ... ¡eeehhh ! la idea no porque ... más o menos es lo mismo pero ha aumentado en el conocimiento sobre la célula.

ML : ¿más en estructuras que en funcionamiento ?

Joel: ¡eeehhh ! también en funcionamiento porque ¡eeehhh ! ¡eeehhh ! hemos entrado más en lo de metabolismo.

ML : sí.

Joel: [...] después sobre transporte también ... transporte activo y todo eso.

ML : ¿pero qué te ha resultado más fácil : integrar la nueva información sobre estructuras o integrar la nueva información sobre funcionamiento a tu propio modelo ?

Joel: ... las dos por igual porque ... ¡eeehhh ! me han, la información me ha, ¿sabes ? ... sobre la estructura ya conocía pero fue aumentando más porque ... así ¡eh ! recibí más información de qué está compuesta, cómo se forma, cómo.

ML : ¡mj !

Joel: y después del funcionamiento eeess máas ... antes lo hemos dado más, más reducido, más resumido y ahora hemos entrado más ... dentro de, del funcionamiento.

Y a la vista está que esa incorporación funcional ha sido limitada, pobre, muy poco significativa, que no ha encajado en su estructura cognitiva muchos conceptos que se la faciliten, que no ha incorporado esos “tokens” a sus conjuntos de entidades, de propiedades y características de las mismas y de relaciones e interacciones entre ellas para dotarlo de comprensión global, una comprensión que supusiera poder explicativo y predictivo suficientemente aceptable desde el punto de vista científico. Su comprensión, es parcial, como él mismo manifiesta y comunica en sus producciones y verbalizaciones, del mismo modo que parcial es el modelo que está detrás de las mismas, un modelo mental que a lo largo del curso ha estado en la frontera entre lo puramente estructural y lo que es una estructura que se contempla y se entiende por un lado, y un comportamiento que se sabe que tiene pero que se entiende sólo en parte, por otro; y así es como parece que podemos concluir que ha operado mentalmente Joel con la célula, si nos atenemos a los datos que él mismo nos aporta. ¿Podemos llegar al acuerdo de que terminó pensando la célula con un modelo mental B o dual de la misma, aunque con una extrema limitación en sus elementos constituyentes? Esos mismos datos nos permitirían responder que sí.

ANEXO N° 25:

MARTA

NOMBRE: Marta

CURSO: COU A

FECHA: 5-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, seres vivos, organismo, funciones vitales, aparato de Golgi, núcleo, membrana celular, cromatina, información genética, ADN, ARN, nucleolo, membrana nuclear, citoplasma, retículo endoplasmático, mitocondria, ribosoma, materia, ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, enzimas, respiración celular, medio, centrosoma, nutrientes, glúcidos, relación, nutrición, reproducción, energía.	Célula, vida, seres vivos, membrana, medio, orgánulos, núcleo, material genético, vegetal, eucariota, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, reacciones, energía, metabolismo, ADN, síntesis proteica, ribosomas, hialoplasma, mitocondrias, respiración celular, anabolismo, aparato de Golgi, cloroplasto, fotosíntesis, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, reacciones catabólicas, organización, nutrientes, entropía, información, proteínas.	Funciones vitales, entropía, célula, seres vivos, metabolismo, vida, orgánulos, biomoléculas, reacciones, energía, nutrientes, relación, nutrición, agua, catabolismo, anabolismo, reproducción, inmunidad, antígenos, proteínas, huso acromático, gametos, medio, flagelos, núcleo, nucleolo, membrana plasmática, dictiosoma, vesículas, cloroplastos, vacuolas, mitocondria.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal (Ej: frases preg. 3 C)	Elaboración personal (Ej: preg. 3 A y B)	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	<ul style="list-style-type: none"> Glúcido: Azúcar. Proteína: inmunidad, leucocitos, antígenos. Lípido: persona gorda. Ácido nucleico: doble hélice (libros) Energía: chispas. Entropía: todo desordenado -no imagen concreta- todo lo del Universo. Célula: una cosita muy chiquitita, redondita con continuo flujo dentro; tiene movimiento, como si latiera. Catabolismo: moléculas rompiéndose. Meiosis: huso acromático. Reproducción: gametos. Anabolismo: moléculas juntándose. Ser vivo: como una máquina con intercambios. Nutrición: metabolismo. Relación: movimiento, un ser vivo unicelular.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres (Ej: preg. 4)	Elaboradas (Ej: preg. 4)	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> membrana celular la cual actúa como "un colador". Extrabiol./autónoma. 	No se detectan	ser vivo: es como, yo qué sé, una máquina. ... Bueno, no una máquina, máquina, tiene su parte espiritual y todo eso pero ... yo qué sé, que tiene un montón de cosas que se coordinan para funcionar como si fuera una máquina. Extrabiol./autónoma.

- Cuando explica las imágenes que genera se refiere siempre a cosas dinámicas, con movimiento, con acción, como si fuese una película; y con frecuencia se refiere o refiere su descripción a célula o a algo que es celular; se podría deducir que efectivamente tiene una imagen dinámica de la misma ¡o muchas imágenes! que usa para interpretar, explicar y predecir.
- ¡Bingo!: un poquito más abajo: la foto de M.E.: se parece ... en lo que es la estructura pero yo me la imagino moviéndose ¡jej! ... sí, mucho intercambio, muchaaa ... no sé, mucho movimiento.
- Supone porque ha visto fotos de otras células.
- Pág. 6 A: se pone a pensar lo que pasaría de unos orgánulos a otros para deducir.
- Imagina así porque siempre la ha visto así, fotografías, vídeos.
- Pág. 6 B: se encuentra capacitada para explicar estructura y funcionamiento pero tiene más en cuenta funcionamiento; los orgánulos están para la función.
- Antes la veía estática total; para ella es más fácil si tiene una idea, un dibujo -pág. 7 A-; se imagina como si ella estuviera dentro de la célula.
- ¡ojo! Cuando vemos su material: ella pensaba que en estructuras no ha variado tanto su idea como en funcionamiento y, al verlo, esto se reafirma.
- En más materiales (cuestionarios) insiste en célula como organismo -pág 8 A.

NOMBRE: Marta

CURSO: COU A

FECHA: 5-8-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Vegetal, célula, animal, pared celular, núcleo, citoplasma, membrana celular, información genética, cloroplastos, aparato de Golgi, citoesqueleto, ribosomas, mitocondrias, retículo endoplasmático, fotosíntesis, anabólicas, reacciones, catabólicas, respiración mitocondrial, neoglucogénesis, glucógenogénesis, glucólisis, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, obtención materia orgánica, obtención de energía, ciclo de Krebs.	Célula, organismo, orgánulos, proteínas, lípidos, glúcidos, nucleótidos, biomoléculas, estructural, dinámica, transporte, metabolismo, nutrición, reproducción, relación.	Información genética, entropía, reproducción, relación, nutrición, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, catabolismo, funciones, orgánicas, metabolismo, energía, célula, biomoléculas, anabolismo, orgánulos, inorgánicas, agua, sales minerales, ribosomas, núcleo, citoesqueleto, membrana plasmática, endomembranas.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: catabólicas, obtención de energía)	Adecuada y consistente Arbitraria (17-1-99) hay adjetivos	Arbitraria (Ej: funciones, orgánicas -adjetivo, y, sobre todo, ausencia de procesos metabólicos concretos)
RELACIONES (simples o explicativas)	Explicativas (Ej: rige las reacciones)	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas (hay algunos errores)	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro (definición, citología, metabolismo/fisiología)	Coherente	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
		La explicación es muy coherente y muy personal/autónoma, con un discurso de buena calidad.	La explicación también es muy buena: autónoma, discurso coherente y con aplicación, idea global de estructura y funcionamiento pero muy sintética.

NOMBRE: Marta

CURSO: COU A

FECHA: 5-8-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Núcleo, información, célula, ácidos nucleicos, proteínas, catálisis, inmunidad, transporte, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, retículo endoplasmático liso, vacuolas, membrana nuclear, nutrientes, permeabilidad, mitocondria, respiración celular, lisosomas, enzimas.	Materia, célula, energía, reacciones, seres vivos, medio, transporte, agua, animales, sales, enzimas, organismo, entropía, nutrición, relación, núcleo, citoplasma, orgánulos, membrana celular, biomoléculas, turgencia, ósmosis, vida.	Reacciones, energía, catabolismo, anabolismo, cloroplasto, tilacoides, grana, fotosíntesis, célula, animal, respiración, vegetal, heterótrofo, autótrofo, organismos, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, membrana mitocondrial, proteínas, transporte, coenzimas, ciclo de Krebs, agua, matriz mitocondrial, ATP, organización, medio, glucógenogénesis, hialoplasma, glucólisis, neoglucogénesis, glúcidos, nutrientes, lípidos, vida, monosacáridos, aerobia.	Dictiosoma, aparato de Golgi, mitocondria, retículo endoplasmático rugoso, célula, biomoléculas, orgánulos, organismo, energía, funciones vitales, materia, vegetales, animales, membrana plasmática, citoplasma, núcleo, entorno, endomembranas, lípidos, hialoplasma, proteínas, membrana mitocondrial interna, matriz, reacciones, β -oxidación, proceso catabólico, vesículas, secreción, transporte, glucosilación, lisosomas, enzimas, permeabilidad, metabolismo, ribosomas, crestas mitocondriales, aminoácido, nutrientes, turgencia, glúcidos, ácidos grasos, monosacáridos.	Proteínas, membranas, citoesqueleto, microtúbulos, microfilamentos, centriolos, cilios, flagelos, ADN, membrana plasmática, transporte, reacciones, organismo, energía, enzimas, ARN, anticuerpos, especificidad, aminoácidos, holoproteínas, holoenzimas, apoenzima, cofactor, catálisis, organización, traducción, código genético, codón, núcleo, ARN mensajero, ribosoma, anticodón, agua, citoplasma, células, mitocondrias, plantas, sistema inmunitario, respuesta inmune, inmunidad, vacunas, sueros, antígenos, respuesta celular, linfocitos, respuesta humoral, solubilidad.	Transmisión, información genética, sobrecruzamiento, mutaciones, cromosomas, célula, euploidía, genes, aneuploidía, nucleótidos, DNA, ARN mensajero, síntesis proteica, proteína, meiosis, recombinación, loci, vida, reproducción, sexo, núcleo, interfase, envoltura nuclear, citoplasma, nucleoplasma, ácidos nucleicos, sales minerales, cromatina, nucleolo, orgánulo, ARN, mitosis, profase, centriolo, microtúbulos, huso acromático, metafase, anafase, telofase, citocinesis, diploide, homocigóticas, alelos, genotipo, fenotipos, catálisis, delección, traslocación, duplicación, inversión, cromátidas, duplicación.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: preg. 9)	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej. Célula)	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 4)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: célula)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: célula o preg. 4)	Organización autónoma (Ej: preg. 2)	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas (Ej: preg. 7 ¿pero he dudado!)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas (Ej: preg. 6)	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	Biológica/autónoma Tensión superficial como una membrana tensa	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan
			errores importantes en respiración y fotosíntesis, catabolismo y anabolismo!			

NOMBRE: Marta

CURSO: COU A

FECHA: 5-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Aparato de Golgi, núcleo, membrana celular, cromatina, información genética, ADN, ARN, nucleolo, membrana nuclear, citoplasma, retículo endoplasmático, mitocondria, ribosoma, aminoácidos, proteínas, enzimas, respiración celular, nutrientes, glúcidos, centrosoma.	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: no nombra e identifica nada; explicación al margen. ADN, síntesis proteica, ribosomas, hialoplasma, reacciones catabólicas, mitocondrias, respiración celular, energía, anabolismo, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, cloroplasto, fotosíntesis, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso.	Cloroplasto, membrana plasmática, núcleo, citoplasma, energía, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ARN, enzimas, ribosoma, proteínas, fotosíntesis, biomoléculas, cromatina, ADN, reproducción, citoesqueleto, aparato de Golgi, lisosomas, vesículas, secreción.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (1º y 3º) Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases (2º)	Identificación (1º y 3º) (¡porque delimita las distintas estructuras en el propio dibujo sin nombrarlas!) Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases (2º)	Identificación y funciones con notaciones no verbales (flechas)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Complejo-dinámico (por ejemplo: hace una ampliación de un ribosoma; lleva hasta él una flecha de energía porque la requiere o a la fotosíntesis; la proteína la lleva con flecha al retículo endoplasmático, etc)

NOMBRE: Marta

CURSO: COU A

FECHA: 5-8-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 22/10/96	Célula, seres vivos, organismo, funciones vitales, aparato de Golgi, núcleo, membrana celular, cromatina, información genética, ADN, ARN, nucleolo, membrana nuclear, citoplasma, retículo endoplasmático, mitocondria, ribosoma, materia, ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, enzimas, respiración celular, medio, centrosoma, nutrientes, glúcidos, relación, nutrición, reproducción, energía.
Origen de la vida 18/11/96	Materia, célula, energía, reacciones, seres vivos, medio, transporte, agua, animales, sales, enzimas, organismo, entropía, nutrición, relación, núcleo, citoplasma, orgánulos, membrana celular, biomoléculas, turgencia, ósmosis, vida.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones, energía, catabolismo, anabolismo, cloroplasto, tilacoides, grana, fotosíntesis, célula, animal, respiración, vegetal, heterótrofo, autótrofo, organismos, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, membrana mitocondrial, proteínas, transporte, coenzimas, ciclo de Krebs, agua, matriz mitocondrial, ATP, organización, medio, glucógenogénesis, hialoplasma, glucólisis, neoglucogénesis, glúcidos, nutrientes, lípidos, vida, monosacáridos, aerobia.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Vegetal, célula, animal, pared celular, núcleo, citoplasma, membrana celular, información genética, cloroplastos, aparato de Golgi, citoesqueleto, ribosomas, mitocondrias, retículo endoplasmático, fotosíntesis, anabólicas, reacciones, catabólicas, respiración mitocondrial, neoglucogénesis, glucógenogénesis, glucólisis, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, obtención materia orgánica, obtención de energía, ciclo de Krebs.
ex. LÍP. 26/2/97	Dictiosoma, aparato de Golgi, mitocondria, retículo endoplasmático rugoso, célula, biomoléculas, orgánulos, organismo, energía, funciones vitales, materia, vegetales, animales, membrana plasmática, citoplasma, núcleo, entorno, endomembranas, lípidos, hialoplasma, proteínas, membrana mitocondrial interna, matriz, reacciones, (-oxidación, proceso catabólico, vesículas, secreción, transporte, glucosilación, lisosomas, enzimas, permeabilidad, metabolismo, ribosomas, crestas mitocondriales, aminoácido, nutrientes, turgencia, glúcidos, ácidos grasos, monosacáridos.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, membranas, citoesqueleto, microtúbulos, microfilamentos centriolos, cilios, flagelos, ADN, membrana plasmática, transporte, reacciones, organismo, energía, enzimas, ARN, anticuerpos, especificidad, aminoácidos, holoproteínas, holoenzimas, apoenzima, cofactor, catálisis, organización, traducción, código genético, codón, núcleo, ARN mensajero, ribosoma, anticodón, agua, citoplasma, células, mitocondrias, plantas, sistema inmunitario, respuesta inmune, inmunidad, vacunas, sueros, antígenos, respuesta celular, linfocitos, respuesta humoral, soubilidad.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, organismo, orgánulos, proteínas, lípidos, glúcidos, nucleótidos, biomoléculas, estructural, dinámica, transporte, metabolismo, nutrición, reproducción, relación.
ex. AN. 12/5/97	Transmisión, información genética, sobrecruzamiento, mutaciones, cromosomas, célula, euploidía, aneuploidía, genes, nucleótidos, DNA, ARN mensajero, síntesis proteica, proteína, meiosis, recombinación, loci, vida, reproducción, sexo, núcleo, interfase, envoltura nuclear, citoplasma, nucleoplasma, ácidos nucleicos, sales minerales, cromatina, nucleolo, orgánulo, ARN, mitosis, profase, centriolo, microtúbulos, huso acromático, metafase, anafase, telofase, citocinesis, diploide, homocigóticas, alelos, genotipo, fenotipos, catálisis, delección, traslocación, duplicación, inversión, cromátidas, duplicación.
Símil de la fábrica 14/5/97	Núcleo, información, célula, ácidos nucleicos, proteínas, catálisis, inmunidad, transporte, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, retículo endoplasmático liso, vacuolas, membrana nuclear, nutrientes, permeabilidad, mitocondria, respiración celular, lisosomas, enzimas.
Dibujo estruc/función 19/5/97	.Cloroplasto, membrana plasmática, núcleo, citoplasma, energía, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ARN, enzimas, ribosoma, proteínas, fotosíntesis, biomoléculas, cromatina, ADN, reproducción, citoesqueleto, aparato de Golgi, lisosomas, vesículas, secreción.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Información genética, entropía, reproducción, relación, nutrición, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, catabolismo, funciones, orgánicas, metabolismo, energía, célula, biomoléculas, anabolismo, orgánulos, inorgánicas, agua, sales minerales, ribosomas, núcleo, citoesqueleto, membrana plasmática, endomembranas.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, vida, seres vivos, membrana, medio, orgánulos, núcleo, material genético, vegetal, eucariota, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, reacciones, energía, metabolismo, ADN, síntesis proteica, ribosomas, hialoplasma, mitocondrias, respiración celular, anabolismo, aparato de Golgi, cloroplasto, fotosíntesis, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, reacciones catabólicas, organización, nutrientes, entropía, información, proteínas.
Entrevista. 9/6/97	Funciones vitales, entropía, célula, seres vivos, metabolismo, vida, orgánulos, biomoléculas, reacciones, energía, nutrientes, relación, nutrición, agua, catabolismo, anabolismo, reproducción, inmunidad, antígenos, proteínas, huso acromático, gametos, medio, flagelos, núcleo, nucleolo, membrana plasmática, dictiosoma, vesículas, cloroplastos, vacuolas, mitocondria.

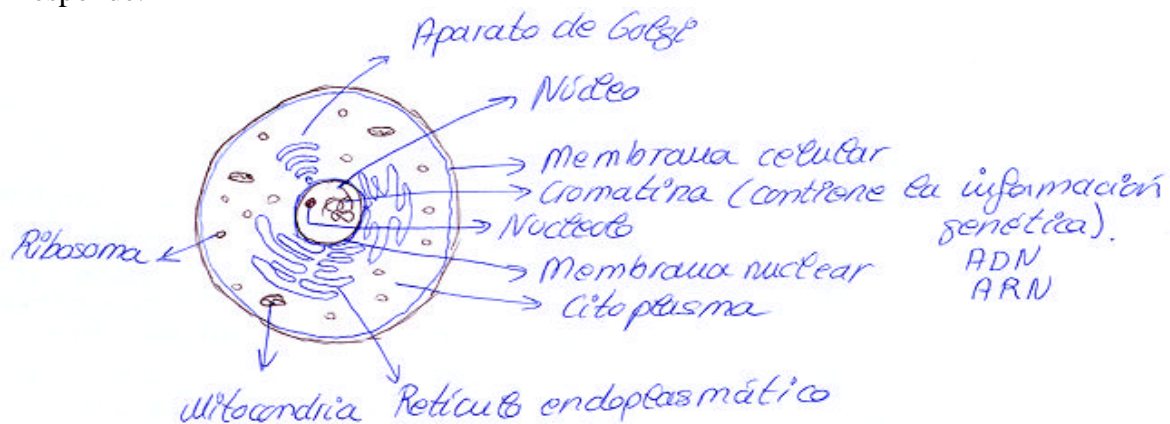
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Aparato de Golgi, núcleo, membrana celular, nucleolo, membrana nuclear, citoplasma, retículo endoplasmático, mitocondria, ribosoma, centrosoma.	Núcleo, citoplasma, orgánulos, membrana celular.	Cloroplasto, tilacoides, grana, membrana mitocondrial, matriz mitocondrial, hialoplasma.	Pared celular, núcleo, citoplasma, membrana celular, cloroplastos, aparato de Golgi, citoesqueleto, ribosomas, mitocondrias, retículo endoplasmático.	Dictiosoma, aparato de Golgi, mitocondria, retículo endoplasmático rugoso, orgánulos, membrana plasmática, citoplasma, núcleo, endomembranas, hialoplasma, membrana mitocondrial interna, matriz, vesículas, lisosomas, ribosomas, crestas mitocondriales.	Membranas, citoesqueleto, microtúbulos, microfilamentos, centriolos, cilios, flagelos, membrana plasmática, núcleo, ribosoma, citoplasma, mitocondrias.	Orgánulos.	Cromosomas, núcleo, envoltura nuclear, citoplasma, nucleoplasma, nucleolo, orgánulo, centriolo, microtúbulos, huso acromático.	Núcleo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, retículo endoplasmático liso, vacuolas, membrana nuclear, mitocondria, lisosomas.	Cloroplasto, membrana plasmática, núcleo, citoplasma, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ribosoma, citoesqueleto, aparato de Golgi, lisosomas, vesículas.	Orgánulos, ribosomas, núcleo, citoesqueleto, membrana plasmática, endomembranas.	Membrana, orgánulos, núcleo, ribosomas, hialoplasma, mitocondrias, aparato de Golgi, cloroplasto, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso.	Orgánulos, huso acromático, flagelos, núcleo, nucleolo, membrana plasmática, dictiosoma, vesículas, cloroplastos, vacuolas, mitocondrias.	AG5,centriolo2,centrosoma1,cilio1,ctq4,ctpl7,clpt5,crmit1,crma1,dictiosoma2,envnucl1,fgl2,grana1,hpl3,husoacr2,li3,matrizmit1,mmbr11,mmbrcel3,mmbrmit2,mmbrmitint1,mmbrnucl2,mmbrplasm5,microfilamento1,microtú2,mitc8,núcl11,nuclo3,nucloeoplasma1,org7,pa1,redcel1,RE6,REL3,RE4,rib8,tilacoide1,vesc3.
Moléculas	Cromatina, ADN, ARN, ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, enzimas, nutrientes, glúcidos.	Agua, enzimas, biomoléculas.	Proteínas, coenzimas, agua, ATP, glúcidos, nutrientes, lípidos, monosacáridos.	-	Biomoléculas, lípidos, proteínas, enzimas, aminoácidos, nutrientes, glúcidos, ácidos grasos, monosacáridos.	Proteínas, ADN, enzimas, ARN, aminoácidos, holoproteínas, holoenzimas, apoenzima, cofactor, codón, ARN mensajero, anticodón, agua.	Proteínas, lípidos, glúcidos, nucleótidos, biomoléculas.	Genes, nucleótidos, DNA, ARN mensajero, proteína, ácidos nucleicos, sales minerales, cromatina, ARN, cromátidas.	Ácidos nucleicos, proteínas, nutrientes, enzimas.	ARN, enzimas, proteínas, biomoléculas, cromatina, ADN.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, biomoléculas, agua, sales minerales.	ADN, nutrientes, proteínas.	Biomoléculas, nutrientes, agua, proteínas.	Acgr1,AN4,ADN4,agua5,aa2,apoenz1,ARN4,ARNm2,ATP1,biomolécula6,coenz1,cofactor1,cromát1,cromat3,enz7,gen1,glúc5,holoprot1,líp4,molécula6,monosac2,nucleótido2,nutrient6,prot11,sm2.
PROCESOS Mts.	Respiración celular.	-	Catabolismo, anabolismo, fotosíntesis, respiración, heterótrofo, autótrofo, cadena respiratoria, fosforilación	Fotosíntesis, respiración mitocondrial, neoglucogénesis, glucógenogénesis, glucólisis, cadena	β-oxidación, proceso catabólico, glucosilación, metabolismo.	Catálisis, traducción.	Metabolismo.	Síntesis proteica, catálisis, duplicación.	Catálisis, respiración celular.	Fotosíntesis, secreción.	Catabolismo, metabolismo, anabolismo.	Metabolismo, síntesis proteica, respiración celular, anabolismo, fotosíntesis, reacciones catabólicas.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo.	Aerb1,anb4,autóf1,â-ox1,cadresp2,cat3,catálisis3,cKrebs2,duPLIC1,ffox2,ftst4,glucogénesis2,glucógenogén2,glucó

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
			oxidativa, ciclo de Krebs, glucógeno, glucólisis, neoglucogénesis, aerobia.	respiratoria, fosforilación oxidativa, ciclo de Krebs.										lisis2, heterófilo1, mtb5, resp5, resp cel3, secrec1, síntesis5, sprot2, traducción1.
Otros	Funciones vitales, relación, reproducción.	Transporte, nutrición, relación, turgencia, ósmosis.	Transporte.	-	Funciones vitales, transporte, turgencia.	Transporte.	Transporte, nutrición, reproducción, relación.	Sobrecruzamiento, mutaciones, euploidía, aneuploidía, meiosis, recombinación, reproducción, mitosis, profase, metafase, anafase, telofase, citocinesis, delección, traslocación, duplicación, inversión.	Transporte.	Reproducción.	Reproducción, relación, nutrición, funciones.	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción.	Funciones vitales, relación, nutrición, reproducción.	Anaf1, aneuploidía1, citocinesis1, delección1, duplicación1, euploidía1, funciones5, FV4, inversión1, meiosis1, metafase1, mitosis1, mutación1, profase1, reproducción1, sobre cruz1, telofase1, transporte6, turgencia2.
CONCEPTOS GRALES:	Célula, seres vivos, organismo, información genética, materia, medio, energía.	Materia, célula, energía, reacciones, seres vivos, animales, organismo, entropía, vida.	Reacciones, energía, célula, animal, vegetal, organización, medio, vida.	Vegetal, célula, animal, información genética, reacciones.	Célula, organismo, energía, materia, vegetales, animales, entorno, reacciones.	Reacciones, organismo, energía, organización, células, plantas.	Célula, organismo.	Transmisión, información genética, célula, vida.	Información, célula.	Energía.	Información genética, entropía, energía, célula.	Célula, vida, seres vivos, medio, vegetal, eucariota, reacciones, energía, organización, entropía, información.	Entropía, célula, seres vivos, vida, reacciones, energía, medio.	Ani4, célula1, energía8, entropía3, eucariota1, genética4, información6, materia3, medio4, organismo5, organización3, planta1, reacción3, svv3, vgt4, vida4.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	Permeabilidad.	Anticuerpos, especificidad, código genético, sistema inmunitario, respuesta inmune, inmunidad, vacunas, sueros,	-	Loci, sexo, interfase, homocigóticos, alelos, genotipo, fenotipos.	Inmunidad, permeabilidad.	-	-	-	Inmunidad, antígenos, gametos.	Anticuerpo1, antígeno1, código genético1, especificidad1, fenotipo1, genotipo1, inmunidad2, interfase1, linfocito1, permeabilidad2, respuesta1, respuesta célula

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
						antígenos, respuesta celular, linfocitos, respuesta humoral, solubilidad.								r1, respuestah umoral1, resp uestainmune 1, sexo1, sistin munit1, suero 1, vacuna1.
MODELO	B	C (¿?)	B	B	C	C	C	C	C	D	C	D	D	D

Marta hace gala a lo largo de todo el curso de algunas características que la definen o, cuanto menos, que definen su forma de manejar la información que procesa y que resultan llamativas, sobre todo si comparamos con sus compañeros. Opera mentalmente en lo que a la célula se refiere con modelos que generan en ella comprensión, modelos mentales explicativos y predictivos al respecto durante casi todo el tiempo, una comprensión que le permite incorporar nuevos conceptos, nuevos contenidos a los que le atribuye un significado biológicamente consistente y que la dota, incluso, de modelización; ella modela en su mente lo que es una célula en todo su sentido y, consecuentemente, su funcionamiento y lo hace “viendo” esa célula en acción, con lo que capta toda su esencia, toda su razón de ser. Así es como acaba siendo su representación sobre esta unidad de vida cuando termina el curso, su intermediario para entenderla, operando con ella con el concurso de imágenes que no sólo son visiones pasivas, estáticas, pobres, de dicha entidad, sino que tienen dinamismo, imágenes que le facilitan esa comprensión en la medida en que se apoya en ellas para sus explicaciones y para sus predicciones en esta última fase de su proceso de aprendizaje de este complejo concepto. No obstante, en algunos momentos del mismo ese proceso resulta dificultoso, generando en su mente modelos menos explicativos que igualmente actúan como puente en dicho proceso para captar o, al menos, intentarlo, la esencia de lo que una célula supone que la llevan, como consecuencia, a plasmar confusiones, ambigüedades, lo que ocurre, básicamente, al principio, al comenzar a trabajar la asignatura que cursa. ¿Y cuáles son esas características que decíamos que la definen en sus producciones? Los modelos que va generando, al ser en la mayor parte del tiempo suficientemente explicativos la dotan de un alto grado de elaboración personal en las frases que construye, frases que articula coherentemente en un discurso bien hilvanado, de calidad, en el que aplica de modo general con corrección los conceptos que selecciona (¡abundantes!), organizando de manera autónoma la información que comunica. En definitiva, la representación que tiene en su cabeza en el momento en el que se le requiere cada uno de los registros planificados al efecto, la dota de poder explicativo, Marta puede explicar y lo hace porque dispone en su mente de los elementos necesarios y suficientes para ello, porque ha atribuido significado a los conceptos que se lo permiten, los ha construido; trabaja con un conjunto de entidades similares a las que caracterizan una célula (sus moléculas y sus orgánulos), con un conjunto de propiedades y características de los mismos (sus propiedades físico-químicas y posibilidades de interacción) y un tercer y último conjunto de relaciones e interacciones entre ellas (relaciones moleculares y organulares, relaciones causa/efecto) lo que la dota, precisamente, de ese poder de explicar lo que realmente es comprendiéndola. Ha generado un análogo, ¡porque ella no ha visto una célula!, que es y que actúa como la realidad –el mundo- célula que capta a través del mismo. Y en la medida en que célula como concepto biológico supone un alto grado de abstracción, por su complejidad, entenderla, comprenderla, poder explicarla necesariamente requiere modelarla en su cabeza a través de un modelo mental igualmente complejo, global, integrado, causal, que es el que ella parece haber construido a juzgar por lo que exterioriza en sus producciones y verbalizaciones, un modelo que, además, como se comentó, echa mano de las imágenes (¡muchas!) en la adquisición de esa comprensión. Un modelo como éste no sólo la dota de capacidad explicativa sino que también favorece en ella capacidad predictiva, permitiéndole, cuando lo ejecuta, cuando lo pone en acción, deducir y razonar válidamente en términos biológicos, aunque no haya visto nunca una célula real, una célula funcionando como tal; y aquí nos encontramos con otra de esas características que definen a Marta en su forma de operar con este contenido o, para ser más exactos, en lo que se interpreta de la misma: durante casi todo

el curso sus deducciones y sus inferencias resultan ser elaboradas, lo que corrobora la afirmación de que ha construido un modelo mental comprensivo, compacto, modelo que está detrás de la adquisición del conocimiento científico, dada su naturaleza. Si bien es ésta la representación con la que parece ser que acaba su trabajo con la asignatura, su primer registro no evidencia ese modelo sino que, más bien, da la impresión de que en este momento Marta piensa en una célula-estructura por un lado y en una célula-funcionamiento por otro. ¿Por qué lo deducimos así? Cuando se le pregunta cómo podemos representar una célula y cómo haríamos un dibujo de la misma, esta alumna responde:



Una representación que se entiende que es producto de alguna imagen, ¡pobre imagen!, en su cabeza y que sólo atiende a su estructura. Y cuando se le pide que dibuje su funcionamiento, nos presenta lo siguiente:



La imagen, como vemos, es bastante similar y para atribuirle comportamiento, lo que hace es añadir frases relativas a algunas funciones de esos orgánulos que, además, son escasos; el funcionamiento de su célula es en este momento la suma de los papeles biológicos de sus integrantes, como si de un catálogo se tratara, sin establecer relaciones e interconexiones, sin causalidad. Veamos cómo cree ella que es ese funcionamiento.

“Una célula como organismo vivo e independiente, realiza las tres funciones vitales: relación, nutrición y reproducción. Dentro de la célula hay una gran actividad mediada por los ácidos nucleicos presentes en el núcleo celular.

El citoplasma celular es un líquido viscoso en el que “flotan” miles de moléculas de nutrientes, en su mayoría reducidas a su mínima expresión. Estas moléculas han entrado a través de la membrana celular, la cual actúa como un “colador”. Todas las moléculas presentes en el citoplasma son utilizadas para obtener energía mediante la respiración celular, que es una “especie” de combustión de los nutrientes o de las moléculas

energéticas sintetizadas a partir de ellos. Las moléculas también son utilizadas para sintetizar materia orgánica perteneciente a la propia célula”.

Su modelo mental ante esta tarea cognitiva se ha interpretado como modelo dual, como ya se ha expresado, si bien es cierto que, aunque en sus distintos párrafos se centra alternativamente en aspectos funcionales y estructurales, la respuesta anterior nos muestra indicios de algunas interacciones entre los mismos, interconexiones que parecen evidentes en el examen de Origen de la Vida (18-11-96): en él podemos entender que Marta ha concebido una idea más biológica de la realidad celular, si bien es cierto que no usa ningún concepto relativo al procesamiento energético, no siendo ello óbice para generar, acorde con ese modelo global, explicaciones consistentes en lo que a su fisiología se refiere. Esta joven explica “célula” en esta ocasión en los siguientes términos:

“Organismo complejo que posee independencia para realizar una serie de procesos que le permiten mantenerse vivo, es decir, ir durante un periodo de tiempo en contra del principio de entropía. Es la unidad estructural y funcional de los seres vivos, aunque ella por sí misma puede serlo porque, además de mecanismos para la nutrición y la relación, posee otros que le permiten reproducirse según un material genético que está en su núcleo, una de sus partes generales además del citoplasma (donde hay una gran cantidad de orgánulos con actividades distintas) y la membrana celular (que la separa del medio externo)”.

Esta forma de explicar, esta manera de integrar estructuras y funciones no es más que producto de la comprensión de su significado, el resultado de haberla percibido en toda su esencia y de haberla modelado en su cabeza; eso no está en los libros de texto, eso no se ha explicado así en las clases, se ha procesado en su mente a la luz de ese modelo que actúa como intermediario ante la nueva información. Y con ese modelo como marco de referencia, Marta no sólo puede explicar, sino que puede, cuando lo rota, predecir, razonar, intuir, ..., de lo que su respuesta ante la siguiente pregunta es un buen ejemplo:

- “Estamos constituidos fundamentalmente por agua, que apenas cuesta ; el carbono se valora en forma de carbón ; el calcio de nuestros huesos en forma de yeso ; el nitrógeno de nuestras proteínas en forma de aire (también barato) o el hierro de nuestra sangre en forma de clavos herrumbrosos. El cuerpo humano cuesta veinte duros, mil pesetas o una cifra parecida. (...). Harold Morowitz ha calculado lo que costaría reunir los constituyentes moleculares correctos que componen un ser humano, comprando las moléculas en casas de suministros químicos. La respuesta resulta ser de mil trescientos millones de pesetas aproximadamente. ¡Eso ya es otra cosa ! Pero ni aún así podríamos mezclar esas sustancias químicas y ver salir del bote a un ser humano”. (Rodríguez Gómez, Gil Flores y García Jiménez, 1996).
 - ¿Ves alguna relación entre este texto y las diferentes teorías sobre el origen de la vida ?. Razona tu respuesta argumentando cuál es tu posición relativa a este tema.
 - ¿Podemos relacionar este texto con otras teorías científicas para justificar la composición de la materia viva ?.
- “Muchos científicos han intentado recrear la aparición de la vida a partir de todos sus componentes e imitando las posibles condiciones en las que surgió, pero ha sido una tarea difícil, por no decir imposible. En este texto únicamente se enumeran los componentes de la vida, pero lo que en realidad importa es la forma en que surgió y no a partir de qué lo hizo. Yo creo que el texto no trata sobre el origen de la vida, sino de lo que hubo antes, de lo que surgió la vida. Por eso no veo mucha relación con alguna teoría del origen de la vida.

- *Se podría justificar la composición de la materia viva señalando las ventajas de sus componentes (versatilidad del átomo de carbono; características “especiales” del agua, ...) o también afirmando que éstos son los mejores (más apropiados) en unas determinadas condiciones. Además podemos argumentar que son moléculas que poseen unas características que les permitieron ser seleccionadas y que han sido sometidas a una evolución de la materia viva. Pero, no hay ninguna teoría científica concreta que justifique esta composición”.*

Dato interesante, el anterior, porque no sólo nos muestra lo ya comentado sino que nos pone en bandeja que, efectivamente, Marta está construyendo esos conjuntos ya definidos de entidades y, en este caso, de propiedades y características de las mismas que posibilitan y justifican sus formas de actuar en términos físico-químicos, ¡o sea!, lo que va a constituir el tercero de los conjuntos, a saber: las reacciones entre esas moléculas que se seleccionaron que dan cuenta de la dinámica celular. Desde este temprano momento, Marta tiene claramente delimitados en su mente los elementos, los “tokens”, que requiere para comprender esa célula y cómo distribuirlos. ¿Qué pasa en el examen de Glúcidos (9-12-96)? ¿Qué información nos ofrece este ejercicio sobre la forma de pensar que sigue esta alumna ante el mismo? Conviene recordar que en contenido incluido en este ejercicio se centra en la caracterización de los glúcidos como biomoléculas y sobre todo en su papel en la célula, lo que representa el estudio en profundidad del metabolismo celular, proceso complejo que justifica el procesamiento energético de la materia viva que los estudiantes trabajan con un alto grado de abstracción por primera vez; de lo anterior se deduce que muchos de los conceptos que se utilizan son nuevos para este alumnado. Quizás como consecuencia de ello, Marta recurre a repetir mecánicamente una información que, por lo que se ve, no ha comprendido, que no ha encajado o incrustado en la representación que ya poseía operando en esta ocasión, a juzgar por lo que hace, nuevamente en un doble nivel, con un modelo dual de la célula que, lógicamente, limita sus explicaciones, como puede desprenderse de lo siguiente:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“No utiliza las vías fermentativas mientras hay O₂ en el medio porque utilizando la vía aerobia el balance energético es mayor. Por lo cual, si lo que interesa es obtener más energía, el microorganismo utilizará la vía aerobia cuando esté en presencia de oxígeno.*
- *Puede decirse que sí, ya que la célula animal obtiene la energía en la respiración, mientras que la vegetal la obtiene en la fase fotoquímica de la fotosíntesis.*
- *Se puede hablar de catabolismo heterótrofo, que sería aquel en que organismos heterótrofos obtienen la energía partiendo de una degradación. Por otro lado, no podemos hablar de catabolismo autótrofo, ya que los organismos autótrofos obtienen su energía sin que haya verdadera degradación de materia (excepto el H₂O en la fase fotoquímica de la fotosíntesis).*
- *Sí porque la célula puede obtener la energía de otras moléculas orgánicas, aunque tendría que adaptarse a otro tipo de catabolismo”.*

De hecho, obsérvese que en la última cuestión no da cuenta de lo que se le requiere sobre la estructura celular y, en las anteriores, no recurre a ningún elemento del ámbito estructural; ¿no cabría concluir que pensó sólo en funcionamiento? De haberlo hecho en términos globales, hubiese captado que ¡las células vegetales también tienen mitocondrias!. En todo caso, y aunque trabaje con un doble esquema, establece alguna conexión, como puede verse en el último párrafo con el que explica, ¡en términos memorísticos en su conjunto!, la cadena respiratoria y la fosforilación oxidativa.

“Este proceso catabólico se produce en la membrana mitocondrial interna porque es necesaria una organización para poder realizar las transferencias de electrones conjuntamente con el trasiego de protones para obtener la energía. Si se produjera en un medio acuoso, como puede ser la matriz, estas reacciones de óxido-reducción serían casi imposible(s)”.

Esas tímidas incursiones en el ámbito de la interacción, de las relaciones causa/efecto, son, en todo caso, bastante elaboradas, como muestra el siguiente ejemplo:

- “En 1906, Gandhi ideó su primera campaña de resistencia no violenta, durante la cual mantuvo diferentes huelgas de hambre, consistentes en prolongados ayunos voluntarios. En España, recientemente, un grupo de personas solidarias con los habitantes del Tercer Mundo ha recurrido a este medio de protesta para solicitar un aumento del porcentaje del Producto Interior Bruto (PIB) (del 0,3% al 0,7%) que se destina a la ayuda de estas zonas desfavorecidas. La huelga de hambre no está exenta de riesgos por cuanto el organismo, aun en estado de reposo absoluto, consume una cantidad de energía ; es lo que se conoce como metabolismo basal”. (Rodríguez Álvarez y Cruz León).
- ¿Por qué hay riesgos ? ¿cuáles son ?. Utiliza el mayor número de argumentos biológicos posible.

“Hay riesgos porque, al no ingerir alimentos, el organismo no obtiene nutrientes para obtener la energía. Cuando se acaba la energía que tienen las células, éstas “echar mano” de las reservas energéticas (polisacáridos, lípidos) las cuales se van rompiendo secuencialmente para obtener la energía. Cuando estas reservas se acaban, no hay de dónde obtener la energía para las funciones esenciales (pequeños movimientos ...) y el organismo pierde vitalidad. Seguidamente, las células empezarán a intentar obtener la energía a partir de las moléculas que forman las estructuras y el organismo se destruye”.

En el primer mapa conceptual que elabora Marta (9-1-97) se plasman algunos de los problemas que ya se vieran en el examen de Glúcidos que evidencian dificultades en la comprensión que genera en su mente. No reconoce la membrana celular en las células vegetales, la información genética sólo rige el anabolismo, la fotosíntesis sirve para la obtención de energía son algunos ejemplos. La selección conceptual que realiza es arbitraria incluyendo, por ejemplo, adjetivos o frases, si bien los une con nexos que son bastante explicativos pero, como se acaba de mostrar, las proposiciones resultantes son poco significativas desde el punto de vista biológico y cabe pensar que sean producto del significado que ella les atribuye, sobre todo si tenemos en cuenta que, por ejemplo, la última de ellas ya se reflejó en la información recogida sobre su forma de entender este contenido con el registro anterior. Este mapa es el último registro en el que se observa un modelo dual de la célula en la mente de esta estudiante, modelo que, como hemos visto, limitaba sus posibilidades explicativas pues atiende parcialmente a la entidad que representa. Marta sigue procesando esta información y la nueva que se le aporta y reestructura esa representación para hacerla más potente, más eficaz, más útil, más explicativa y más predictiva en dos palabras, para que sea más analógica con respecto a la célula real. Veamos cómo se expresa en el examen de Lípidos (26-2-97).

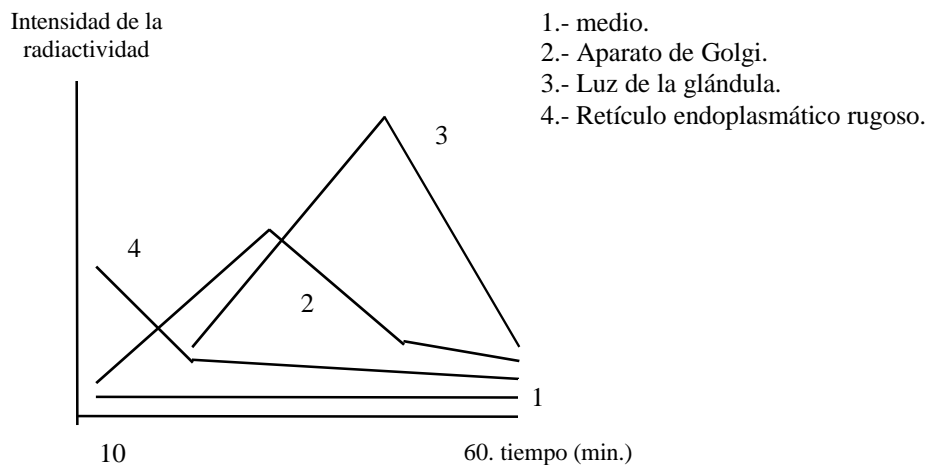
“La célula es una estructura compleja formada por biomoléculas (aunque también se encuentran en ella algunas moléculas inorgánicas) que están organizadas en orgánulos de manera que cada uno tiene un papel específico dentro de ella.

La célula por sí sola es un organismo independiente, ya que es capaz de obtener la energía que necesita para realizar las funciones vitales, y además sintetiza materia propia para mantener sus estructuras (ya sea a partir de materia inorgánica en células vegetales, o a partir de materia orgánica en células animales).

La célula está compuesta de tres partes principales: membrana plasmática, citoplasma (en el que hay otros orgánulos) y núcleo. Es a través de la membrana plasmática por la que la célula se relaciona con su entorno, ya que necesita obtener de éste diversas moléculas, así como expulsar algunas presentes en el interior a ésta”.

Si nuestro modelo sobre su modelo mental es correcto, es explicativo y predictivo, podemos anticipar que habiendo generado una comprensión sobre la célula como la anterior que, desde nuestra perspectiva, emana de la construcción de un modelo mental causal, integrado, global, (modelo C), Marta es capaz de ejecutar ese modelo llevando a cabo deducciones e inferencias biológicamente consistentes que plasmen esa comprensión a través de las interacciones que establezca, de las relaciones causa/efecto que ella también con el concurso de su modelo como fondo, anticipa. ¿Tenemos algún dato al respecto? Veamos.

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo. Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

“El aminoácido radiactivo entra en la célula a través de la membrana plasmática bien por transporte activo, difusión facilitada o por simple difusión por ser una molécula polar pequeña que puede entrar a través de canales que se forman en la membrana.

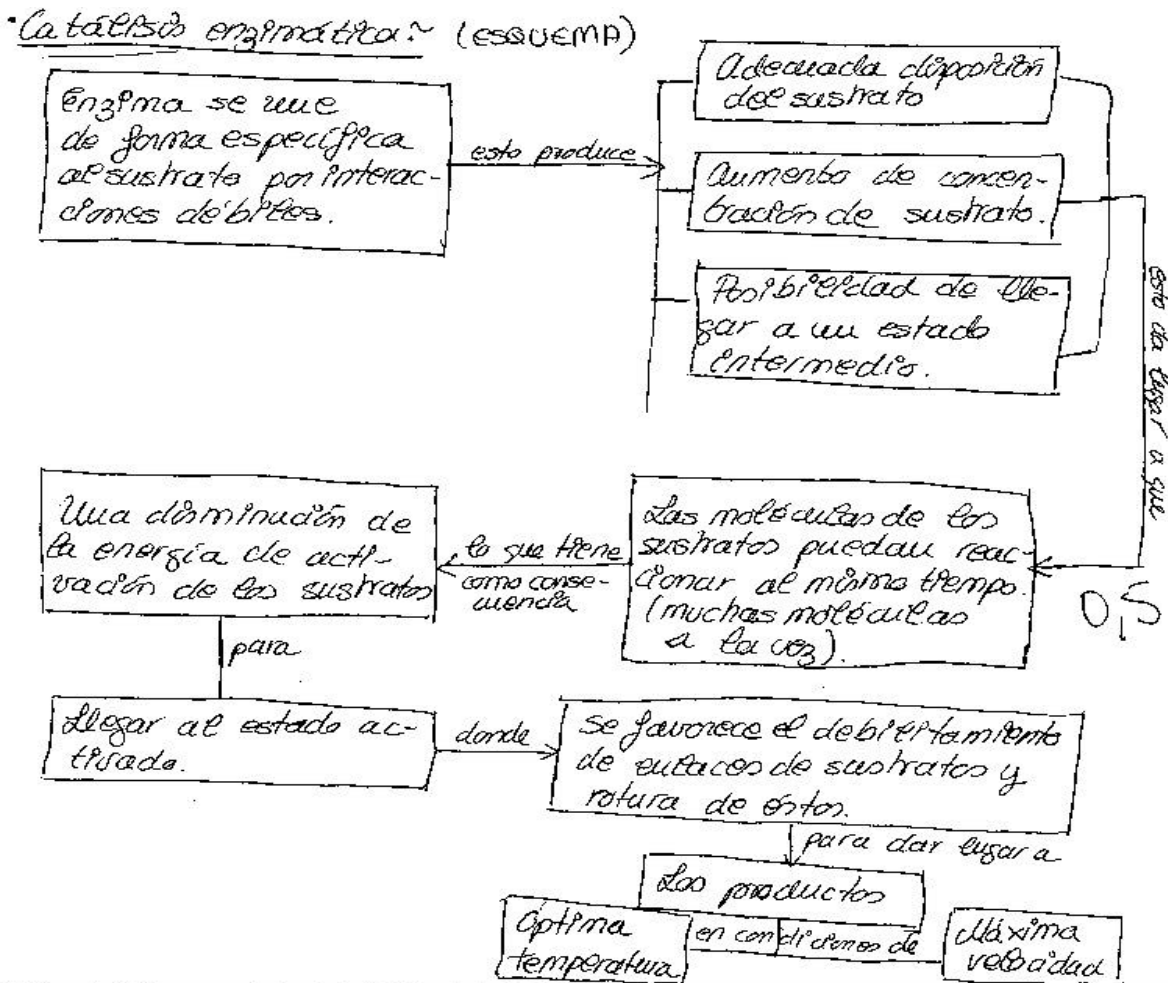
El aminoácido está presente así en el hialoplasma celular, de donde es recogido por los ribosomas del retículo endoplasmático rugoso para formar proteínas. Cuando las proteínas están sintetizadas se transportan a través de las membranas del retículo endoplasmático rugoso para ir a parar a la cara luminal(l) o lumen de las mismas (aunque algunas quedan formando parte de ellas). Una vez dentro del retículo, estas proteínas son distribuidas mediante una secuencia de señalización presente en su estructura molecular.

Esto explica la presencia de aminoácidos radiactivos en el retículo endoplasmático al principio de la experiencia.

Algunas de las proteínas están destinadas a la secreción (intra o extracelular), por lo que son transferidas al aparato de Golgi mediante vesículas o túbulos de transición. Por eso, a medida que desaparece la radiactividad del retículo endoplasmático, aparece en el aparato de Golgi. Una vez allí, las proteínas son transferidas de unas cisternas a otras del dictiosoma donde quizá sean glucosidadas para obtener glucoproteínas. Una vez llegan a la cara distal del dictiosoma son acumuladas y secretadas en una vesícula secretora. En este caso sería una secreción continua, ya que en la gráfica no hay "señal" de que estas sustancias hayan sido acumuladas de forma temporal en las cisternas del dictiosoma, ya que la radiactividad desaparece de éste progresivamente.

Puede deducirse también que es una secreción extracelular, donde los productos atraviesan la membrana plasmática al fusionarse la vesícula secretora con ella con lo que produce una evaginación de la misma y liberación de las sustancias al exterior celular. La secreción es extracelular ya que la presencia de moléculas radiactivas en la luz de la glándula disminuye con el tiempo".

No cabe la menor duda ante esto de que Marta ha ejecutado su modelo como estaba previsto y, con ello, también el nuestro se ha ejecutado como se preveía, lo que confirma y corrobora nuestras interpretaciones. Y cuando se tiene un modelo lo suficientemente explicativo y predictivo como el que parece ser que ha generado Marta, cuando se desarrolla comprensión, cuando se capta la esencia de las cosas, se tiene, también, la capacidad de sintetizar y de esquematizar en esos mismos términos explicativos; si bien es cierto que hay que reconocer que no era eso lo que se esperaba al plantear la pregunta, ante la demanda de representar mediante esquemas la catálisis enzimática en el examen de Proteínas (14-3-97), esta alumna lo que hace es lo siguiente:



Surge, de todos modos, cierta perplejidad ante la respuesta que hace esta joven frente al papel de los enzimas en la estructura y en el funcionamiento celular porque no hace ninguna referencia al primero de los aspectos citados. ¿Volvió a pensar en términos duales? De ser afirmativa la respuesta, deberíamos encontrarnos algunos otros indicios que así lo señalaran, como recurso a la memoria o baja capacidad deductiva, por ejemplo, y no parece ser éste el caso. Veamos su respuesta.

“Si no existieran las enzimas sería imposible realizarse multitud de reacciones catabólicas, o éstas se realizarían tan lentamente (o rápidamente) que no sería posible una organización de todas ellas de cara a realizar las funciones celulares.

Por otra parte, si no hubiera(n) enzimas, se realizarían reacciones a altas temperaturas (debido a alta energía de activación) que producirían efectos perjudiciales para el organismo, éste ardería como una antorcha”.

No es posible, como se explicaba anteriormente, que Marta esté operando otra vez con un doble esquema porque eso no le permitiría establecer correlaciones y la conduciría a una comprensión limitada, como ya hemos tenido ocasión de demostrar. Sus formas de deducir son consistentes y detrás de ellas usa un modelo que le está resultando útil, que le permite delimitar causas y consecuencias. Un ejemplo lo tenemos en lo que hace ante la pregunta:

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

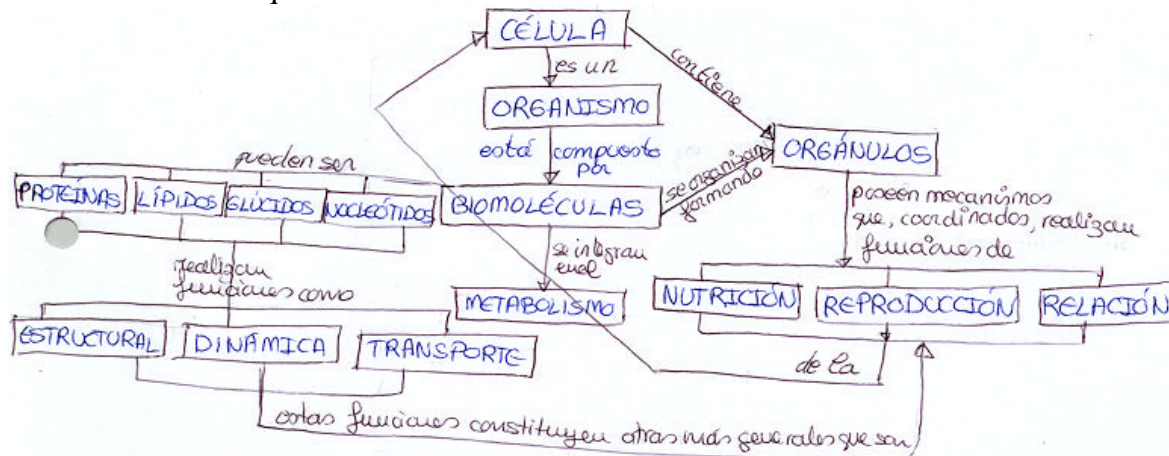
“Está claro que este herbicida es utilizado para eliminar las malas hierbas en un cultivo, pero sin que las plantas que forman parte de éste sufran daño alguno. Por lo tanto, si este herbicida daña a cualquier tipo de planta y si no se toman las precauciones necesarias, las plantas del cultivo también resultarán dañadas al aplicar este herbicida.

Mi hipótesis estaría basada en que las plantas que componen el cultivo no resultan dañadas al aplicar el herbicida porque antes se le han aplicado otros productos que contienen sustancias activadoras de estas enzimas que sintetizan ciertos aminoácidos.

Para comprobarlo podemos aplicar a una planta que forma parte del cultivo estas sustancias activadoras antes de aplicarle el herbicida. Así comprobaremos si al aplicar éste, esta planta se mantiene viva frente a otras que no hayan sido tratadas anteriormente”.

Cuando observamos su segundo mapa conceptual (1-4-97), vemos que hay algunas diferencias con respecto al anterior; la selección en un primer momento se consideró adecuada, pero hemos de admitir que es arbitraria en la medida en la que utiliza algunos adjetivos. En todo caso, echa mano de nexos explicativos, plasmando con ellos proposiciones significativas desde el punto de vista biológico, significados que debe haber atribuido y asimilado en su estructura cognitiva y que su explicación del mapa que ha hecho corrobora. Cabe comentar algunos datos de interés y el primero de ellos guarda relación con algo que ha caracterizado la representación de Marta sobre este ente: “las biomoléculas se organizan formando orgánulos”; esta alumna destaca el papel de la organización molecular desde un principio y sus características, como

expresa en su discurso, son las que permiten realizar sus funciones. Nuevamente, pues, nos encontramos ante los tres conjuntos ya comentados, que ha construido Marta en su mente para generar el análogo que nos ocupa, conjuntos que, en todo caso, se están enriqueciendo en su número de “tokens” (elementos) básicamente en el ámbito funcional a medida que avanza el curso.



“La célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos y es, por lo tanto, un organismo independiente que únicamente depende del medio para el intercambio de materia.

La célula está compuesta por una multitud de moléculas que son los principios inmediatos (orgánicos e inorgánicos) que se organizan dando lugar a estructuras más complejas como son los orgánulos, los cuales tienen en la célula un papel determinado dentro del metabolismo y el funcionamiento de la célula en general. Los mecanismos de actuación de los orgánulos se debe(n) a las distintas funciones que pueden desempeñar las biomoléculas presentes en la célula y que los forman. Así las características de estas moléculas les permiten realizar funciones importantísimas dentro de la estructura celular, como estructural, dinámica, de transporte, etc. Estas funciones que realizan las biomoléculas constituyen, globalmente y de forma organizada, las tres funciones vitales que realiza la célula como organismo independiente: nutrición, reproducción y relación”.

El examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) nos ofrece otra oportunidad de observar la capacidad explicativa de Marta, un discurso y una organización de las ideas que son otra vez una consecuencia del modelo mental que se ejecuta para exteriorizarlo, modelo que integra a la perfección las vertientes estructural y funcional de la célula que representa. Un ejemplo lo tenemos en la forma de expresar los cambios que tendrían lugar en el núcleo celular a lo largo de su vida; es una larga explicación pero su lectura merece la pena para observar el discurso que comunica.

“Tras una división celular mitótica, el núcleo celular entra en una etapa denominada interfase que consta a su vez de tres fases: G_1 , en la que hay crecimiento generalizado de la célula; S , donde tiene lugar la duplicación del DNA; y G_2 , que es una fase preparatoria para la división celular en la que la célula tiene doble dotación genética.

Durante las etapas citadas anteriormente el núcleo consta de: envoltura nuclear (doble membrana que la separa del citoplasma y posee poros para el paso de sustancias); el nucleoplasma (disolución coloidal en estado de gel con proteínas, ácidos nucleicos, sales minerales, ...); cromatina (conjunto de fibrillas y grumos con forma reticular constituido por filamentos de DNA); y nucleolo (orgánulo esférico compuesto de RNA y proteínas).

Cuando se ha llegado a la fase G_2 y el desarrollo de la célula es determinado se produce la división celular denominada mitosis. Este proceso consta de cuatro fases: la profase, en la cual la cromatina se condensa y los cromosomas se hacen visibles y tiene lugar la desaparición del nucleolo y de la envoltura nuclear. Además cada centriolo migra a un polo celular y comienzan a organizarse los microtúbulos para formar el huso acromático. En la metafase, los cromosomas migran al plano ecuatorial del huso

ordenándose y constituyendo la placa metafásica. Después viene la anafase, con la separación de los cromosomas por su centrómero y la siguiente migración de las cromátidas a polos opuestos de la célula. Esto último ocurre en la anafase. Por último, en la telofase se forman las envolturas nucleares y, tras sufrir la célula citocinesis, ésta queda dividida en dos células hijas con dotación diploide idéntica a la madre”.

Este mismo modelo causal es el que pone en mente Marta cuando se enfrenta a la interpretación de un dibujo para ver en qué medida refleja la estructura y el funcionamiento celular, si bien es justo reconocer que se observa un cierto halo de un funcionamiento-suma de la célula más característico, como consecuencia, de un modelo mental dual de la misma. Se observará, de todas maneras, que esta estudiante parece tener en su cabeza esa célula funcionando a juzgar por su forma de expresarse y, también por el uso que hace de los verbos para implicar acciones características de una célula.

“Para empezar, el núcleo se presenta como un gran ordenador que contiene toda la información para el funcionamiento de esa gran fábrica que es la célula. La información está contenida en los ácidos nucleicos y, atendiendo a ella se sintetizan las proteínas necesarias, las cuales intervienen en muchos aspectos en la célula (catálisis, inmunidad, transporte, ...).

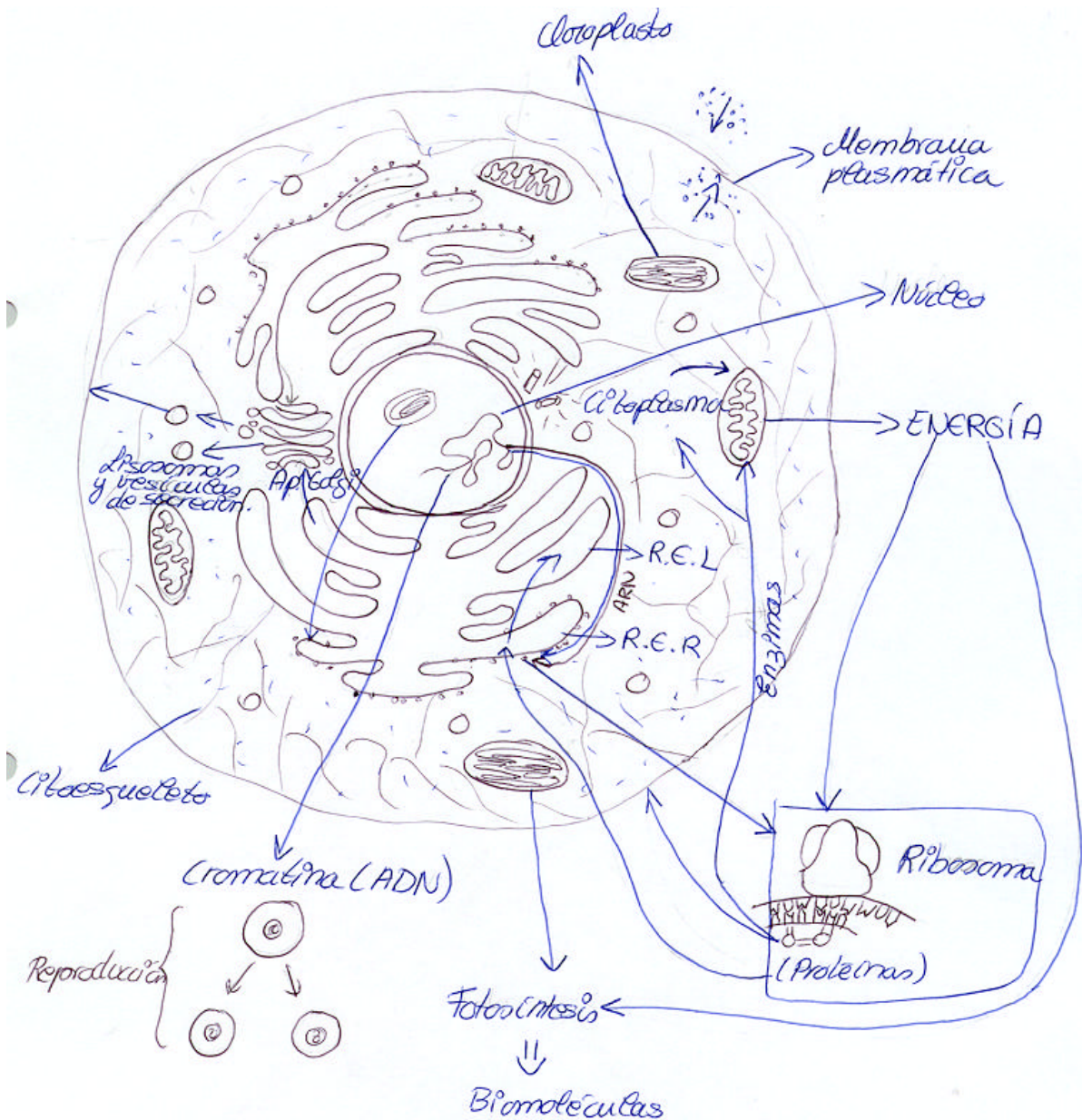
En el dibujo se observa que el retículo endoplasmático rugoso está conectado al núcleo o centro de procesamiento de datos. Los ribosomas que se encuentran en el retículo endoplasmático rugoso sintetizan las proteínas basándose en la información que reciben del núcleo. También en el retículo endoplasmático liso se sintetizan las lipoproteínas. Éstas pueden ser almacenadas en vacuolas de reserva, que están representadas en el dibujo por el camión.

La membrana nuclear (¡! Admiración añadida) está representada por la entrada de materiales a la fábrica, que es la célula. Estos materiales son los nutrientes, y su entrada está controlada por la permeabilidad de la membrana en función de sus necesidades (el obrero que abre y cierra la puerta).

La mitocondria se representa por una especie de central eléctrica donde se obtiene la energía necesaria para la célula mediante la respiración celular.

Por último, los lisosomas son unos obreros con grandes martillos. Esto implica que es en los lisosomas donde se “rompen” las moléculas para transformarlas en otras más simples. Lo mismo ocurre en las vacuolas digestivas, donde se ve a dos obreros separando algo que se compone de elementos unidos entre sí: este algo son las macromoléculas que, gracias a la acción de enzimas digestivas son divididas a moléculas más simples o elementales”.

¿Y qué podemos decir del dibujo que hace para plasmar estructura y funcionamiento celular (19-5-97)? Su diseño a primera vista puede resultar libresco pero, si se observa con detenimiento, no lo es, respondiendo más a patrones de una elaboración personal del mismo; en él, Marta lleva a cabo la identificación de los distintos elementos estructurales que selecciona plasmando sus funciones a través de flechas que señalan continuidad temporal y física-topográfica. Su dibujo no es un catálogo de cosas y de lo que hacen –no usa frases-, sino que imprime dinamismo con el concurso de esas flechas y de las ampliaciones que realiza como si de un zoom se tratara; su producto es complejo como compleja es la entidad que representa y, en esa misma medida, es dinámico. Ante el mismo, no cabe más que pensar que esas imágenes están en su cabeza, que las tiene en mente ¡y son varias!, es decir, que ha revisado en términos recursivos puesto que incorpora cosas, conceptos, contenidos que se han trabajado en diferentes unidades didácticas, y las reconcilia en una única representación, recupera diferentes visiones generadas en distintos momentos y las encaja en una única representación.



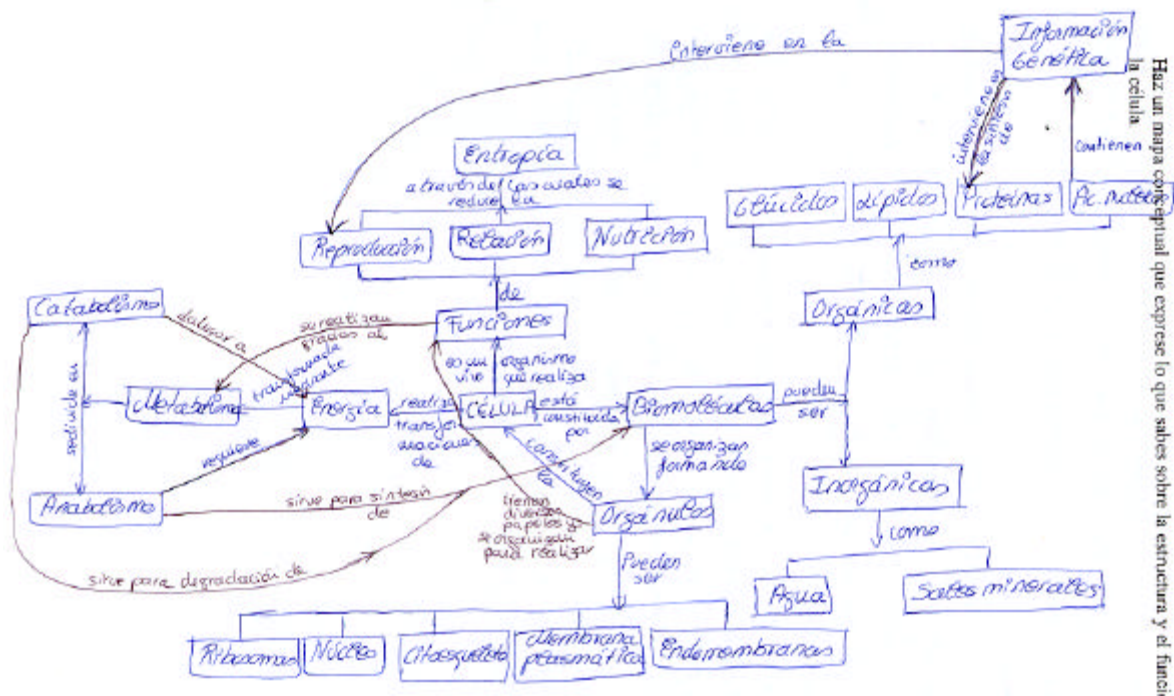
En su tercer mapa conceptual (21-5-97) no encontramos indicios de que opere con estas imágenes pero sí de que lo haga con el mismo modelo que le ha supuesto la comprensión integral que se deriva de sus últimos registros. Merecen la pena, en este sentido, tanto el mapa como su forma de explicarlo, discurso que constituye un dato relevante sobre su concepción de la entidad celular.

“La célula es un organismo vivo e independiente, ya que realiza las funciones vitales de reproducción, relación y nutrición, con lo que se consigue una disminución local de la entropía. La célula está constituida por biomoléculas, las cuales se organizan dando lugar a estructuras no vivas por sí solas, los orgánulos, pero que realizan funciones que, coordinadas entre sí, constituyen las funciones vitales de la célula.

Todas las biomoléculas intervienen en una serie de procesos de transformación de energía llamada(o) metabolismo. A través de éste, la célula puede obtener energía o también sintetizar las biomoléculas que le son necesarias.

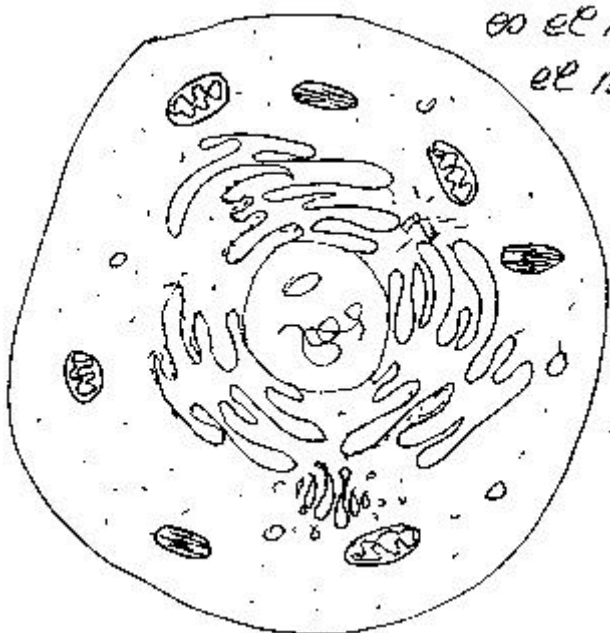
Podemos decir que la base del funcionamiento celular está en la información genética contenida en los ácidos nucleicos; atendiendo a ésta, la célula sintetiza proteínas que intervienen en muchos procesos celulares. Por último, podemos argumentar esta

afirmación al observar que esta información es transmitida de células madre a hijas, y éstas últimas rigen su funcionamiento basándose en esta información”.



De su cuestionario final (29-5-97) se seleccionan tres respuestas por su interés; la primera de ellas es su forma de dar cuenta, otra vez, de cómo representar una célula y de cómo hacer un dibujo de la misma. Si bien éste es casi igual al que ya hiciera en octubre, el texto que incluye es bastante más rico, incorporando, además, la idea de diversidad celular.

“Una célula puede representarse como una estructura más o menos esférica que está limitada por una membrana y que contiene en su interior un medio acuoso “lleno” de estructuras más pequeñas, que son los orgánulos, además de muchas biomoléculas en disolución. Uno de los orgánulos es el núcleo, en el que se encuentra el material genético.



Ésta podría considerarse una célula vegetal (eucariota). Puede haber otras especializaciones de las células, con lo que su estructura sería distinta, por ejemplo, las neuronas”.

El segundo registro de interés viene representado por la forma de responder a la siguiente pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Para ser físicamente una célula, ésta necesita estar constituida por biomoléculas organizadas para dar lugar a estructuras (orgánulos) que constituyan la célula. Esta organización debe permitir a la célula un gran dinamismo para que en ella puedan darse gran variedad de procesos.

Para que funcione como una célula, debe recibir del exterior nutrientes que le permitan obtener la energía necesaria. Además debe realizar todos los procesos necesarios para realizar las funciones vitales e ir en contra de la entropía”.

Obsérvese en lo anterior que vuelve a surgir la idea de la organización molecular y cómo insiste en dinamismo. Su forma de explicar cómo cree que funciona una célula corrobora la manera según la cual Marta la percibe y la concibe en este momento.

“La célula basa su funcionamiento en el metabolismo, ya que de él obtiene la energía y las moléculas necesarias para realizar las funciones vitales y constituir sus estructuras.

La información contenida en el DNA, que interviene en síntesis de proteínas, implica que cada célula posee unas proteínas determinadas que intervienen en los diferentes procesos que se realizan en los orgánulos. Estos procesos se organizan para dar “vida” a la célula”.

¿Qué nos aporta la entrevista final de Marta (9-6-97)? Extraemos como primer fragmento de la misma lo que se considera un dato que corrobora su forma de operar con imágenes, no con una simple, pobre y estática que no explica la esencia celular, sino con varias ya que “ve” continuidad en sus escenas.

ML : ¿célula ?

Marta : ¡tch ! pueees una cosita redondita ¡jaj !

ML : descríbeme esa cosita redondida.

Marta : muy chiquitita.

ML : muy chiquitita.

Marta : y que tiene dentro estructuras más pequeñas ... y hay como un continuo flujo dentro de, de biomoléculas, deee.

ML : lo estás viendo movie, moverse.

Marta : sí.

ML : lo estás viendo moverse.

Marta : como si latiera, una cosa de esas.

ML : como si estuviera latiendo, ves una imagen que se, está latiendo. ¿Catabolismo ?

Ante la demanda de describir la imagen que genera en su mente un conjunto de conceptos específicos de la célula que se van diciendo, la primera impresión gráfica que le surja, Marta resulta sorprendente, si comparamos con otros compañeros, porque efectivamente “ve” mucho pero es que además varias veces hace referencia al nivel celular, a elementos celulares, a procesos celulares, ..., y usa, incluso, analogías.

ML : estás viendo esa imagen. ¿Ser vivo ?

Marta : ... pues una cosa muy complicada.

ML : ¿a ver qué imagen te ha sugerido ? Descríbemela.

Marta : es como, yo qué sé, una máquina.

ML : has visto una máquina.

Marta : sí.

ML : describem.

Marta : bueno, no una máquina, máquina, tiene su parteee espiritual y todo eso pero ... yo qué sé, que tiene un montón de cosas que se coordinan para funcionar como, como si fuera una máquina.

ML : pero entonces no estás viendo una imagen estática.

Marta : no.

ML : no. ¿Cómo es ?

Marta : sí, hay intercambios ¡eeehhh ! ... con exterior, dentro del mismo ser vivo hay intercambio de un lado pa otro yyy todo así.

Hasta en “nutrición” en donde lo habitual es “ver” a alguien comiendo, Marta “ve” el metabolismo, ¡genera una imagen de un conjunto de reacciones!

ML : ¿nutrición ?

Marta : ... ¡tch ! pueees ... el metabolismo.

ML : ¿a ver qué imagen tienes del metabolismo ?

Marta : ¡tch ! moléculas que se ven, que se rompen, otras que se unen ... y un montón de reacciones ... ¡tch !

ML : ¿estás viendo cómo se hacen las reacciones ?

Marta : ¡hombre ! ¡ajaj ! viéndolas ¡ajaj ! sí, todo global así ... un montón de reacciones.

ML : ¿y hay chispas en esas reacciones [...]

Marta : sí, también. ¡jeje !

ML : también hay chispas. ¿Relación ?

Y su imagen no es estática, no es una sola imagen; ahí radica su principal diferencia con la foto de microscopía electrónica que se le presenta para su interpretación.

ML : estamos hablando de imágenes. ... ¿Esto es una imagen ?

Marta : supongo ¡ajajaj !

ML : supones. Podríamos decir que esto es una imagen.

Marta : sí

ML : ¿de qué ?

Marta : de una célula.

ML : de una célula.

Marta : de parte de una.

ML : de una parte de una célula. ¿Se parece esta imagen de una parte de la célula, se parece esta imagen a tu imagen, a la que me describiste antes ?

Marta : se parece ... en lo que es la estructura pero yo me la imagino moviéndose. ¡jej !

Marta ha construido un modelo mental de célula en su mente que es global, compacto, explicativo, predictivo y que maneja con imágenes, un modelo que le permite deducir, incluso, con causalidad.

ML : eso sería una mitocondria. Bien, vamos a ver, me decías que tú tienes un modelo de célula en tu mente, un modelo podrías de, me parece que me dijiste antes.

Marta : sí.

ML : que late ... y que tiene mucho movimiento. ¿Ese modelo que tú tienes de célula en tu mente, esa imagen que me describiste antes, que tiene dinamismo, por lo que yo veo, porque late y se mueve, te ha permitido interpretar esto ?

Marta : ..., ... ¡mmm ! por el movimiento yo creo que no.

ML : por el movimiento no.

Marta : bueno, siii me pongo a pensar lo que pasaría de unos orgánulos a otros y eso sí pero ... para identificar los orgánulos no.

Un modelo el que construyó que la capacita para explicar en términos dinámicos, integrando su andamiaje, sus cimientos, lo que es una célula que es más que algo físico porque “la estructura está para la función”, una idea de integración que no podemos negar aunque resulte un tanto lamarckiana.

ML : tú crees que sí, bien. ¡Aaahhh ! ese modelo, esa imagen que tú tienes me decías que es muy dinámica, muy dinámica. ¿Tú podrías explicar ¡aaahhh ! más estructuras que funcionamiento o más funcionamiento que estructuras de la célula ?

Marta : yo creo, no sé, meee, yo creo que me encuentro capacitada para explicar las dos cosas, pero .

ML : las dos cosas.

Marta : tengo más, tengo más en mente lo que es el funcionamiento.

ML : tienes más en mente lo que es el funcionamiento ; ¿supeditas la imagen de las estructuras a ese funcionamiento ?

Marta : ... sí porque yo creo que estáaa, o sea, los orgánulos y estructura y todo eso está ... ¡tch ! como decir ... para la función ¿no ?

Y parece ya probado sin ningún margen de duda que Marta piensa en la célula y se enfrenta a ella en este final de curso a la luz de un modelo mental de la misma que la ha dotado de comprensión, ¡de una alta comprensión! al respecto, que le permite explicar y predecir en términos causales y que para ello se apoya en las imágenes, ¡no una sino muchas!, que se lo facilitan, tantas como si ella estuviera dentro de esa célula que está en su mente.

ML : usarías imágenes. ¡mmm ! ¿en qué sentido ? ¿para reafirmar qué ?

Marta : ... yo qué sé, es que ... por lo menos para mí es más fáciiiiil hacerme una idea de lo que ocurre o cómo es la estructura de eso si tengo una idea de un, de un dibujo.

ML : pero tú decías que habitualmente tenemos imágenes estáticas y que tú ahora mismo lo que estás es teniendo una imagen que tiene dinamismo, que es ... ¿cómo quien está en el cine ? ¿estás viendo cosas como quien está en el cine ?

Marta : ¡mj ! o a veces me imagino como si estuviera yo dentro de la célula.

ML : ¿como si tú estuvieras dentro de una célula !

Marta : sí.

¿Nos hemos equivocado en nuestras predicciones y explicaciones con respecto a la forma de pensar de Marta? A la luz de nuestro modelo mental sobre la misma, de su evolución a lo largo del curso, se han ido interpretando sus producciones y sus verbalizaciones, se ha ejecutado ese modelo, usando como elementos sus respuestas, sus datos, como conjunto de entidades, los criterios establecidos para analizarlos, como conjunto de propiedades y características de esas entidades, y la triangulación e interpretación en sí misma, como conjunto de relaciones e interacciones entre ellos y al hacerlo rotar, como se decía, las previsiones anticipadas se han cumplido. Parece, pues, que nuestras conclusiones, desde esa perspectiva, son correctas y que podemos afirmar que Marta lo que tiene en su cabeza en este momento acerca de la célula es un modelo mental causal imagístico, categorizado como modelo mental D.

ANEXO N° 26:

LORETO

NOMBRE: Loreto

CURSO: COU A

FECHA: 5-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Seres vivos, célula, información genética, vida, eucariótica, ADN, ARN, proteínas, nutrientes, energía, respiración celular, ácidos nucleicos, entropía, núcleo, nucleolo, cromosomas, aparato de Golgi, mitocondrias, ribosomas, membrana plasmática, enzimas.	Célula, seres vivos, entropía, reacciones químicas, funciones vitales, procesos catabólicos, procesos anabólicos, nutrientes, vacuola, núcleo, información hereditaria, mitocondria, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, lisosomas, información, ribosomas, proteínas, membrana, medio, orgánulos, energía, cloroplastos, retículo endoplasmático, hialoplasma, aparato de Golgi, citoplasma, glucólisis, β -oxidación, transaminación, aminoácidos, neoglucogénesis, lípidos, ARN mensajero.	Funciones vitales, entropía, materia, célula, seres vivos, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, proteínas, metabolismo, relación, organización, membrana, ATP, catabolismo, nutriente, energía, digestión, fecundación, gametos, meiosis, mitosis, ADN, herencia, principios inmediatos, anabolismo, glucólisis, transaminación, neoglucogénesis, núcleo, ribosomas, vacuolas, nucleolo, cromatina, membrana nuclear, interfase, mitocondria, crestas mitocondriales, aparato de Golgi, vesículas, vida, retículo endoplasmático, eucariotas, β -oxidación, degradación, síntesis, gametogénesis.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro (Ej: preg. 3 A y B)	De libro (Ej: preg. 3 A y B, incluso fallo)	De libro (1º parte: frases hechas)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (Ej: preg. 4 y 6 -frases sueltas)	Simple y pobre (Ej: preg. 4 y 6 -frases sueltas y errores de aplicación) (9-1-99: ¡dudo!)	Simple y pobre (problemas para articular las respuestas incluso simples; ej: pág. 8 A)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (1º y 3º) (¡pero muy limitado!) no uso (2º)	Uso	<ul style="list-style-type: none"> glúcido: terrón de azúcar. Proteína: filete de carne. Lípido:grasa que tiene la carne. Ácido nucleico: ADN -doble hélice. Energía: flujo de luz. Entropía: habitación desordenada. Célula: dibujo de la célula (como en los libros); imagen fija. Catabolismo: destrucción en una obra. Meiosis: la imagen de los libros. Reproducción: gametogénesis (de libro). Anabolismo: construyendo paredes. Ser vivo: una rana. Nutrición: ella comiendo. Relación: estar en una fiesta.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres (Ej: preg. 4)	Elaboradas (Ej: preg. 4: no interferencia) (19-1-99: ¡dudo!)	Elaboradas (Ej: interfase en la foto)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> En el dibujo de funcionamiento: dibujaríamos una fábrica en la cual pondríamos a los que gobiernan la fábrica, los ácidos nucleicos, y a sus trabajadores que son los encargados de fabricar las proteínas. Extrabiol./repetición de clase. (la fábrica) porque su explicación es más autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> En el dibujo de func: hace dibujo; en la mitoc: fábrica de la célula donde se degradan en el ciclo de Krebs diversos nutrientes y mediante la cadena respiratoria y fosforilación oxidativa se obtiene energía. Extrabiol./repeti de clase. ¡ojo! Pero ahora la fábrica no es toda la célula sino sólo la mitoca. Núcleo: como oficina de información: la información es llevada desde el núcleo hasta los ribosomas mediante una foto. Esa foto se revelará y dará lugar a las proteínas. Extrabiol./autónoma (hace el dibujo) 	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- Refiere varias imágenes a las típicas de los libros (célula, reproducción, meiosis, ADN).
- Al ver la foto de M.E.: la suya es más sencillita; lo tiene todo más claro, como se ve en los libros (¡lo repite!), no es una fotografía sino más ... es real pero como una idealización.
- Pág. 6 A: de esas cosas sabe las formas a partir de las fotos que ha visto y de los libros; lo que sabe responde a imágenes, a la hora del dibujo, se fija en lo gráfico, no se puede ver el funcionamiento.
- Cuando se pregunta si tiene modelo de funcionamiento: eso es más difícil; es difícil ponerlo en un dibujo. Dice que no tiene modelo de funcionamiento; no se puede imaginar el funcionamiento de una célula. Al ver los cuestionarios me pareció que no tiene ese modelo sino repetición mecánica y, de hecho, tiene errores entre catabolismo y anabolismo. Sabe; ¡se tiene que saber el funcionamiento!, o sea, repetición mecánica. Pregunto si de memoria y parece que se enfada; no quiere reconocerlo pero creo que se trata de eso. Podría explicar el funcionamiento de la célula pero sin apoyarse en imágenes.
- Pág. 8 A: frases sueltas sin sentido; no hay hilo conductor, esto no es más que un ejemplo, hay más.

NOMBRE: Loreto

CURSO: COU A

FECHA: 5-8-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, procariota, eucariota, animal, vegetal, membrana citoplasmática, citoplasma, núcleo, citosol, mitocondrias, ribosoma, aparato de Golgi, vacuolas, cloroplastos, citoesqueleto, nucleolo, cromosoma, glucólisis, fermentación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, reserva, fotosíntesis, movimiento celular, glucógeno, glucosa, ATP, CO ₂ , luz, H ₂ O, sales minerales.	Célula, membrana plasmática, citoplasma, mitocondria, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, ribosomas, núcleo, nutrientes, ciclo de Krebs, síntesis, ATP, lípidos, glúcidos, proteínas.	Eucariota, procariota, células, biomoléculas, H ₂ O, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN, ARN, metabolismo, catabolismo, anabolismo, energía, glucólisis, fermentación, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, β-oxidación, transaminación oxidativa, fotosíntesis, traducción, síntesis, glucosidación, membrana plasmática, citoplasma, ribosomas, retículo endoplasmático, mitocondrias, cloroplastos, aparato de Golgi, lisosomas, núcleo, vacuolas.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente	Arbitraria (Ej: muchos orgánulos y pocos procesos; esto reafirma lo que vi en la entrevista: dificultades con el funcionamiento)	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas (de hecho: error con proc.)
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	De libro (definición, citología, metabolismo)	Débil	De libro (definición, bioquímica, citología, metabolismo)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	El discurso de su explicación también muestra simplicidad y poca significatividad; no es un discurso bien hilvanado	La explicación mejora un poco	En la explicación no tiene el error de orgánulos membranosos en procariotas. Pero me llama la atención que hace una relación de procesos catabólicos y anabólicos pero sin significado biológico -yo creo que no se lo asigna sólo obtener energía pero, por ejemplo, no la usan los procesos anabólicos. ¿Repetición mecánica?

NOMBRE: Loreto

CURSO: COU A

FECHA: 5-8-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, transporte, medio, célula, mitocondria, ATP, núcleo, ADN, ARN mensajero, información, ribosomas, proteínas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, vacuolas, orgánulos, lisosomas, desecho.	Célula, vida, entropía, reacciones, organización, ser vivo, orgánulos, glúcidos, agua, transporte, nutrientes, energía, organismo, animales, enzimas, sales minerales, información genética, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, materia, ósmosis, desecho.	Enzimas, energía, glúcidos, nutrientes, metabolismo, organismo, lípidos, proteínas, reacciones, catabolismo, anabolismo, ATP, animales, vegetales, células, fotosíntesis, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, ciclo de Krebs, citoplasma, hialoplasma, neoglucogénesis.	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, mitocondrias, orgánulos, membranas, crestas mitocondriales, ribosomas, seres vivos, relación, medio, nutrientes, reacciones, energía, entropía, reproducción, metabolismo, proceso catabólico, citosol, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, células, animales, vegetales, dictiosomas, vesículas, vacuolas, secreción, glúcidos, glucosidación, proteínas, lípidos, enzimas, lisosomas, permeabilidad, membrana plasmática, ósmosis, exocitosis, agua, endocitosis, organismo.	Proteínas, organismo, aminoácidos, energía, especificidad, célula, reacciones químicas, enzima, ATP, metabolismo, vida, inmunidad, sistema inmune, anticuerpos, respuesta celular, linfocitos, antígeno, respuesta humoral, membrana, transcripción, núcleo, ADN, información, citoplasma, ARN, ARN mensajero, ribosomas, síntesis de proteínas, plantas, agua, sales minerales, fagocitosis, genes.	Mutación, gen alelo, cromosoma, célula, herencia, ligamiento, cromátidas, sobrecruzamiento, recombinación, información, proteínas, ADN, haploide, organismo, reproducción, gametos, vegetales, diploide, sexo, núcleo, mitosis, meiosis, ciclo celular, membrana nuclear, nucleoplasma, cromatina, nucleolo, profase, huso mitótico, metafase, centrómero, cinetócoros, anafase, telofase, leptoteno, paquiteno, zigoteno, diploteno, diacinesis, nucleósido, nucleótidos, retrocruzamiento, ácidos nucleicos, síntesis de proteínas, transcripción, traducción, duplicación, translocación, inversión, escisión, microtúbulos.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro (Ej: célula)	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica (Ej: glucólisis)	Repetición mecánica (Ej: permeabilidad: ¡está tachado! Pero lo de permeabilidad es literal a lo mío)	Repetición mecánica (Ej: preg. 2 y 4)	Repetición mecánica (Ej: sobrecruzamiento)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres (Ej: preg. 5 D)	Pobres	Pobres (Ej: preg. 6)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Loreto

CURSO: COU A

FECHA: 5-8-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: no nombra nada. No hace 2º dibujo. <p>Núcleo, nucleolo, cromosomas, DNA, aparato de Golgi, mitocondrias, ribosomas, ARN transferente, ARN mensajero, membrana plasmática.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: no nombra nada (es muy similar al de octubre). <p>Nutrientes, vacuola, célula, núcleo, información hereditaria, mitocondrias, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, lisosomas, información, núcleo, ribosomas, proteínas, cloroplastos, retículo endoplasmático, hialoplasma, aparato de Golgi, vacuola, membrana plasmática.</p>	Biomoléculas, membrana plasmática, lípidos, proteínas, vacuolas, retículo endoplasmático, ribosomas, síntesis de proteínas, información, cromatina, hialoplasma, glucólisis, ATP, fermentación, reacciones metabólicas, aparato de Golgi, vesículas, mitocondrias, ciclo de Krebs, fosforilación, cadena respiratoria, β -oxidación, H_2O , lisosomas, procesos ergásticos, célula.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡ni eso!)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (¡ojo! Pero no de estructuras ya que no dibuja los orgánulos, sólo los nombra)	Identificación (3º) (pero ahora dibuja los orgánulos delimitando su estructura) Identificación y comentarios de funciones con frases y con dos analogías: fábrica y foto (2º dibujo)	Identificación y comentario de funciones con palabras y frases y algunas flechas.
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Loreto

CURSO: COU A

FECHA: 5-8-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Seres vivos, célula, información genética, vida, eucariótica, ADN, ARN, proteínas, nutrientes, energía, respiración celular, ácidos nucleicos, entropía, núcleo, nucleolo, cromosomas, aparato de Golgi, mitocondrias, ribosomas, membrana plasmática, enzimas.
Origen de la vida 22/11/96	Célula, vida, entropía, reacciones, organización, ser vivo, orgánulos, glúcidos, agua, transporte, nutrientes, energía, organismo, animales, enzimas, sales minerales, información genética, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, materia, ósmosis, desecho.
ex. GLUC. 9/12/96	Enzimas, energía, glúcidos, nutrientes, metabolismo, organismo, lípidos, proteínas, reacciones, catabolismo, anabolismo, ATP, animales, vegetales, células, fotosíntesis, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, ciclo de Krebs, citoplasma, hialoplasma, neoglucogénesis.
Mapa conceptual 1 9/1/97	Célula, procarionota, eucariota, animal, vegetal, membrana citoplasmática, citoplasma, núcleo, citosol, mitocondrias, ribosoma, aparato de Golgi, vacuolas, cloroplastos, citoesqueleto, nucleolo, cromosoma, glucólisis, fermentación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, reserva, fotosíntesis, movimiento celular, glucógeno, glucosa, ATP, CO ₂ , luz, H ₂ O, sales minerales.
ex. LÍP. 26/2/97	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, mitocondrias, orgánulos, membranas, crestas mitocondriales, ribosomas, seres vivos, relación, medio, nutrientes, reacciones, energía, entropía, reproducción, metabolismo, proceso catabólico, citosol, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, células, animales, vegetales, dictiosomas, vesículas, vacuolas, secreción, glúcidos, glucosidación, proteínas, lípidos, enzimas, lisosomas, permeabilidad, membrana plasmática, ósmosis, exocitosis, agua, endocitosis, organismo.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, organismo, aminoácidos, energía, especificidad, célula, reacciones químicas, enzima, ATP, metabolismo, vida, inmunidad, sistema inmune, anticuerpos, respuesta celular, linfocitos, antígeno, respuesta humoral, membrana, transcripción, núcleo, ADN, información, citoplasma, ARN, ARN mensajero, ribosomas, síntesis de proteínas, plantas, agua, sales minerales, fagocitosis, genes.
Mapa conceptual 2 1/4/97	Célula, membrana plasmática, citoplasma, mitocondria, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, ribosomas, núcleo, nutrientes, ciclo de Krebs, síntesis, ATP, lípidos, glúcidos, proteínas.
ex. AN. 12/5/97	Mutación, gen alelo, cromosoma, célula, herencia, ligamiento, cromátidas, sobrecruzamiento, recombinación, información, proteínas, ADN, haploide, organismo, reproducción, gametos, vegetales, diploide, sexo, núcleo, mitosis, meiosis, ciclo celular, membrana nuclear, nucleoplasma, cromatina, nucleolo, profase, huso mitótico, metafase, centrómero, cinetócoros, anafase, telofase, leptoteno, paquiteno, zigoteno, diploteno, diacinesis, nucleósido, nucleótidos, retrocruzamiento, ácidos nucleicos, síntesis de proteínas, transcripción, traducción, duplicación, translocación, inversión, escisión, microtúbulos.
Símil de la fábrica 13/5/97	Membrana, transporte, medio, célula, mitocondria, ATP, núcleo, ADN, ARN mensajero, información, ribosomas, proteínas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, vacuolas, orgánulos, lisosomas, desecho.
Dibujo estruc/función 19/5/97	Biomoléculas, membrana plasmática, lípidos, proteínas, vacuolas, retículo endoplasmático, ribosomas, síntesis de proteínas, información, cromatina, hialoplasma, glucólisis, ATP, fermentación, reacciones metabólicas, aparato de Golgi, vesículas, mitocondrias, ciclo de Krebs, fosforilación, cadena respiratoria, β-oxidación, H ₂ O, lisosomas, procesos ergásticos, célula.
Mapa conceptual 3 21/5/97	Eucariota, procarionota, células, biomoléculas, H ₂ O, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN, ARN, metabolismo, catabolismo, anabolismo, energía, glucólisis, fermentación, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, β-oxidación, transaminación oxidativa, fotosíntesis, traducción, síntesis, glucosidación, membrana plasmática, citoplasma, ribosomas, retículo endoplasmático, mitocondrias, cloroplastos, aparato de Golgi, lisosomas, núcleo, vacuolas.
Cuestionario final 29/5/97	Célula, seres vivos, entropía, reacciones químicas, funciones vitales, procesos catabólicos, procesos anabólicos, nutrientes, vacuola, núcleo, información hereditaria, mitocondria, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, lisosomas, información, ribosomas, proteínas, membrana, medio, orgánulos, energía, cloroplastos, retículo endoplasmático, hialoplasma, aparato de Golgi, citoplasma, glucólisis, β-oxidación, transaminación, aminoácidos, neoglucogénesis, lípidos, ARN mensajero.
Entrevista. 10/6/97	Funciones vitales, entropía, materia, célula, seres vivos, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, proteínas, metabolismo, relación, organización, membrana, ATP, catabolismo, nutriente, energía, digestión, fecundación, gametos, meiosis, mitosis, ADN, herencia, principios inmediatos, anabolismo, glucólisis, transaminación, neoglucogénesis, núcleo, ribosomas, vacuolas, nucleolo, cromatina, membrana nuclear, interfase, mitocondria, crestas mitocondriales, aparato de Golgi, vesículas, vida, retículo endoplasmático, eucariotas, β-oxidación, degradación, síntesis, gametogénesis.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, nucleolo, cromosomas, aparato de Golgi, mitocondrias, ribosomas, membrana plasmática.	Orgánulos.	Citoplasma, hialoplasma.	Membrana citoplasmática, citoplasma, núcleo, citosol, mitocondrias, ribosoma, aparato de Golgi, vacuolas, cloroplastos, citoesqueleto, nucleolo, cromosoma.	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, mitocondrias, orgánulos, membranas, crestas mitocondriales, ribosomas, citosol, matriz mitocondrial, dictiosomas, vesículas, vacuolas, lisosomas, membrana plasmática.	Membrana, núcleo, citoplasma, ribosomas.	Membrana plasmática, citoplasma, mitocondria, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, ribosomas, núcleo.	Cromosoma, núcleo, membrana nuclear, nucleoplasma, nucleolo, huso mitótico, centrómero, cinetócoros, microtúbulos.	Membrana, mitocondria, núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, vacuolas, orgánulos, lisosomas.	Membrana plasmática, vacuolas, retículo endoplasmático, ribosomas, hialoplasma, aparato de Golgi, vesículas, mitocondrias, lisosomas.	Membrana plasmática, citoplasma, ribosomas, retículo endoplasmático, mitocondrias, cloroplastos, aparato de Golgi, lisosomas, núcleo, vacuolas.	Vacuola, núcleo, mitocondria, lisosomas, ribosomas, membrana, orgánulos, cloroplastos, retículo endoplasmático, hialoplasma, aparato de Golgi, citoplasma.	Membrana, núcleo, ribosomas, vacuolas, núcleo, membrana nuclear, mitocondria, crestas mitocondriales, aparato de Golgi, vesículas, retículo endoplasmático.	AG8,centrm1, cinetócoro1, ctq1,ctpl6,cts12,clpt3,crmit2,crma3,dictiosoma1,hpl3,husomit1,liss5,matrizmit1,mmb1,1, mmbrcitoplasm1,mmbbrnucl2,mmbprplasm1,microtúbulo1,mitc9,núcl9,nuclo3,nucleoplasma1,org4,RE7.REL1,RER2,rib10,vesc3.
Moléculas	ADN, ARN, proteínas, nutrientes, ácidos nucleicos, enzimas.	Glúcidos, agua, nutrientes, enzimas, sales minerales.	Enzimas, glúcidos, lípidos, proteínas, ATP.	Glucógeno, glucosa, ATP, sales minerales, H ₂ O, CO ₂ .	Nutrientes, glúcidos, proteínas, lípidos, enzimas, agua.	Proteínas, aminoácidos, enzima, ATP, ADN, ARN, ARN mensajero, agua, sales minerales, genes.	Nutrientes, ATP, lípidos, glúcidos, proteínas.	Gen, cromátidas, proteínas, ADN, cromatina, nucleósido, ácidos nucleicos.	ATP, ADN, ARN mensajero, proteínas.	Biomoléculas, lípidos, proteínas, cromatina, ATP.	Biomoléculas, H ₂ O, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN, ARN.	Nutrientes, proteínas, aminoácidos, lípidos, ARN mensajero.	Glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, proteínas, ATP, nutrientes, ADN, principios inmediatos, cromatina.	AN4,ADN6, agua3,aa2,ARN5,ARNm3,ATP7,biomol2,cromát1,cromat3,enz5, gen3,glúc6,glucóg,líp7,mol2,nucleósido1,nucleótido1,nutrie,PI1prot11,sm4.
PROCESOS Mts.	Respiración celular.	Desecho.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, fotosíntesis, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, ciclo de Krebs, neoglucogénesis.	Glucólisis, fermentación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, reserva, fotosíntesis.	Metabolismo, proceso catabólico, ciclo de Krebs, secreción, glucosidación.	Metabolismo, transcripción, síntesis de proteínas.	Ciclo de Krebs, síntesis.	Síntesis de proteínas, transcripción, traducción.	Desecho.	Síntesis de proteínas, glucólisis, fermentación, reacciones metabólicas, ciclo de Krebs, fosforilación, cadena respiratoria, β-oxidación, procesos ergásticos.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, glucólisis, fermentación, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, cadena respiratoria, β-oxidación, transaminación oxidativa, fotosíntesis, traducción, síntesis,	Procesos catabólicos, procesos anabólicos, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, glucólisis, β-oxidación, transaminación, neoglucogénesis.	Metabolismo, catabolismo, digestión, anabolismo, glucólisis, transaminación, neoglucogénesis, β-oxidación, síntesis.	Anb3,autóf1, â-ox4,cadresp4,cat3,cKrebs7,desecho2,digest1,fermet3,ffox3,ftst3,glucogén3,glucólisis6,glucosidación2,heteróf1,mtb5,reamtbs1,resp1,respcell,secret1,síntesis8,sprot3,traducción3,transcrip2.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones	
											glucosidación.				
Otros	-	Transporte, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción.	-	Movimiento celular.	Relación, reproducción, ósmosis, exocitosis.	Fagocitosis.	-	Mutación, ligamiento, sobrecruzamiento, recombinación, haploide, reproducción, diploide, mitosis, meiosis, ciclo celular, profase, metafase, anafase, telofase, leptoteno, paquiteno, zigoteno, diploteno, diacinesis, duplicación, translocación, inversión, escisión.	Transporte.	-	-	-	Funciones vitales.	Funciones vitales, relación, mitosis, meiosis.	Anaf1,diploteno1,exocit1,fagocit1,funciones3,FV3,inversión1,meiosis2,metaf1,mit2,nut1,ósmosis1,prof1,rel3,rep3,sobrecruz1,telof1,translocación1,transporte2.
CONCEPs GRALES:	Seres vivos, célula, información genética, vida, eucariótica, energía, entropía.	Célula, vida, entropía, reacciones, organización, ser vivo, organismo, energía, animales, información genética, materia.	Energía, organismo, reacciones, animales, vegetales, células.	Célula, procariota, eucariota, animal, vegetal.	Seres vivos, medio, reacciones, energía, entropía, células, animales, vegetales, organismo.	Organismo, energía, célula, reacciones químicas, vida, información, plantas.	Célula.	Célula, herencia, información, organismo, vegetales.	Medio, célula, información.	Información, célula.	Eucariota, procariota, células, energía.	Célula, seres vivos, entropía, reacciones químicas, información hereditaria, información, medio, energía.	Entropía, materia, célula, seres vivos, organización, energía, herencia, vida, eucariotas.	Ani4,célula1,3,energ8,entrop5,euct3,genét2,herenc2,infor7,ifgen2,materia2,med3,organ5,organiz2,planta1,proct2,react5,react2,svv4,vgt4,vida4.	
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Permeabilidad.	Especificidad, inmunidad, sistema inmune, anticuerpos, respuesta celular, linfocitos, antígeno, respuesta humoral.	-	Alelo, sexo, gametos, retrocruzamiento.	-	-	-	-	Fecundación, gametos, interfase, gametogénesis.	Antic1,antfig1,especificidad1,gameto2,inmunidad1,interfase1,linfocito1,permeabilidad1,respuesta1,respcel1,respsumoral1,sexo1.	
MODELO	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	

¿Qué hace Loreto con el concepto “célula”? ¿Cómo lo entiende y conceptualiza a lo largo del curso? ¿Qué pasa en su cabeza las múltiples veces en las que se ve obligada a enfrentarse al mismo para representarlo? ¡Porque tiene que representarlo!, de alguna manera construye en su mente un análogo que le permite responder y dar cuenta de lo que se le pide porque de otro modo, sin ese intermediario, ella no podría ni comentar nada al respecto. Y esto sí que lo hace, con mayor o con menor fortuna, pero ha producido todo un conjunto de productos que son los que nos permiten inferir cuáles son esos modos de trabajo mental que sigue, que rigen esas producciones y verbalizaciones y que están detrás, en el fondo de las mismas condicionando incluso sus procesos de aprendizaje sobre una entidad –la célula- que ella no ha visto nunca como mundo real y que, sin embargo, capta de una o de otra manera. Loreto comienza el curso operando con una concepción de célula que es sólo estructural, que atiende únicamente a lo físico, trabajando durante la práctica totalidad del mismo en un doble nivel, con un esquema dual que responde por separado a lo que es su estructura y a lo que es su funcionamiento; imprime, por lo tanto, a esa simple estructura, ese pobre sustrato con el que comienza de un dinamismo característico, encajándolo en la misma sólo hasta cierto punto ya que no es capaz de establecer conexiones y correlaciones que justifiquen su esencia como unidad de vida, lo que requeriría un modelo mental más estructurado, más causal, más biológico. Su evolución conceptual es curiosa en el sentido de que mantiene bastante estables los elementos constituyentes de lo que podemos llamar conjunto de entidades celulares (orgánulos y moléculas), si bien, en todo caso, también aumenta, y desarrolla una importante incorporación de conceptos relativos a las propiedades y características de los mismos y, fundamentalmente, en lo que constituye el conjunto de procesos metabólicos y de otra naturaleza, relaciones e interacciones, en definitiva, que usa, incluso exageradamente, con gran profusión. Pero esta incorporación no parece ser significativa, no parece ir acompañada de la asimilación correspondiente si atendemos a la utilización que hace de dichos conceptos, una forma de manejarlos que no la dota de un mayor poder explicativo, que no se lo facilita, como se evidenciará, y para lo que recurre básicamente a repetición mecánica de los mismos. Ello limita, como es lógico, su poder predictivo, sus posibilidades de deducir, de interpretar, de establecer correlaciones, lo que también se mostrará a través de las pobres deducciones e inferencias que la caracterizan a lo largo del curso. Ante este panorama global, por supuesto, en el que entraremos a continuación, con esta introducción, se presenta, pues, el modelo que se ha generado sobre su forma de pensar en la célula, su modelo mental de la misma, modelo que ya se apuntó que es dual y que la lleva como consecuencia a abordar por un lado su estructura y por otro su funcionamiento, a trabajar parcialmente, como parciales son los esquemas que genera en su mente. Su primer registro lo constituye el cuestionario inicial (22-10-96) en el que Loreto sólo representa la estructura celular.

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

“Una célula la podemos representar de muy diferentes maneras, ya que existe una gran variedad de éstas pero la célula más común que se utiliza para representar es una eucariótica como ésta”:



No tiene una idea de funcionamiento de este ente en su cabeza y no se lo puede imaginar o, al menos, no puede dibujarlo pero sí que recurre a una analogía, a algo que le sirve de puente para mediar en su comprensión, una analogía que se discutió en clase en sesiones anteriores y que a ella le resultó útil (en esa discusión, Loreto comentó que en su cabeza al oír la palabra “célula” lo que tenía era un huevo frito); su explicación, si bien es breve, es algo más autónoma.

“Dibujaríamos una fábrica en la cual pondríamos a los que gobiernan la fábrica los ácidos nucleicos y a sus trabajadores que son los encargados de fabricar las proteínas”.

Con una representación así le cuesta razonar válidamente en términos biológicos incluso ante preguntas que tampoco suponen grandes esfuerzos de abstracción. Veamos un ejemplo.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Que vaya en contra de la entropía, que se relacione y que tenga la capacidad de nutrirse y reproducirse, o sea, que viva.

Que se encuentre aislada del exterior (aunque se relacione) y que contenga ADN y ARN”.

¿En qué hace descansar Loreto en carácter “vida” o, como ella dice, que la célula esté viva? El funcionamiento que le atribuye a esta “cosa” para que viva es el siguiente:

“El ADN que se encuentra en los cromosomas y éstos a su vez en el núcleo (si se trata de una célula eucariótica) manda al ARN mensajero el mensaje de fabricar nuevas proteínas (enzimas) según unos modelos que se encuentran en el ADN y el mensaje llega hasta el ARN transferente que se encarga de realizar el proceso. Las enzimas fabricadas ayudarán en la obtención de energía a partir de los nutrientes que han llegado a la célula a través del torrente sanguíneo”.

¡Muy aprendido!, parece muy aprendido y es que esta alumna evidencia en su discurso un alto grado de repetición mecánica de la información de la que dispone; de hecho, ¿qué pasa con las células que no sean humanas, animales en general? Su modelo ante esta tarea cognitiva, como vemos, no parece ser otro que únicamente estructural y esto se refuerza al observar que prácticamente no usa conceptos funcionales. En el examen de Origen de la Vida (18-11-96) esta joven plasma frases muy librescas que, en todo caso, articula coherentemente dando como resultado un discurso aceptable; pero el contenido que comunica en el mismo nuevamente es producto de repetición mecánica. Resulta curioso observar su respuesta sobre todo a dos preguntas, lo que nos lleva a la reflexión sobre su modo de pensar; en un primer momento y ante la pregunta:

- ¿Consideras que la presencia en un tubo de ensayo de todas las moléculas de la materia viva nos daría como resultado una célula ?. Explica las razones en las que fundamentas tu opinión utilizando, al menos, cuatro de los ocho o diez posibles argumentos que hemos trabajado.

Loreto en su explicación muestra tímidos indicios de una cierta idea global, destacando, por ejemplo, la importancia que le atribuye a la organización de la materia viva.

“El resultado no sería una célula por las siguientes razones:

La célula pertenece a un nivel celular donde ya se puede hablar de vida, si ese experimento funcionase entonces sería muy fácil la generación espontánea. Actualmente la teoría de la generación espontánea ha sido descartada.

Por otra parte la célula es una estructura ordenada, que va en contra de la entropía, (aunque sea sólo localmente), y el resultado de juntar todas esas reacciones no sería otro que ir a favor de la entropía.

Además una célula tiene una organización que le permite(n) funcionar como un ser vivo, esa organización son los diferentes orgánulos que aunque se puedan crear de forma artificial, tienen que funcionar conjuntamente”.

Pero esa representación que ejecutó ante lo anterior, que podía entenderse como sustrato de la explicación no genera en ella, precisamente eso, capacidad explicativa, no le resultó útil, no le permitió, siguiendo el mismo razonamiento y la misma deducción que había comenzado, explicar en otros términos más que memorísticos el concepto célula.

“Según la moderna teoría celular, una célula es la unidad fisiológica y anatómica de los seres vivos, es la unidad origen, es decir una célula proviene de otra, la información genética contenida en cada célula, pasa de una generación a otra y así mantienen la existencia de las células. Además la célula va en contra de la entropía, aunque sea sólo localmente, ya que es una estructura ordenada que se mantiene ordenada gracias a que recoge energía de alta calidad del medio y la transforma en energía de baja calidad, con lo que aumenta la entropía globalmente. Además es capaz de realizar las funciones vitales (nutrición, reproducción, relación)”.

Sólo se limita en ella a repetir ¡exactamente en los mismos términos! la información y la forma de expresión contenida en los libros de texto y la expresada en clase. En el examen de Glúcidos (9-12-96) el patrón de su ejercicio es el mismo: frases librescas, discurso más o menos hilvanado, repetición mecánica de información, pobres deducciones e inferencias, lo que no da signos que apoyen que se haya desarrollado en su mente una representación diferente, un modelo mental más explicativo. Loreto está pensando por un lado en las estructuras celulares y por otro en los procesos y en esta ocasión parece pensar sólo en esto último a juzgar por la tímida utilización que hace de los conceptos estructurales y por su ausencia de sus respuestas ante esta demanda. ¡Y obsérvese, además, qué exagerado uso de esos conceptos funcionales –metabólicos-exclusivamente!. Justo es reconocer que ésta es la primera ocasión en sus procesos de aprendizaje en la que se enfrenta con cierto rigor a los mismos y, en ese sentido, puede entenderse que su capacidad para atribuirles significado, sea limitada, recurriendo, como salida, a la ya comentada repetición mecánica, una repetición, una capacidad de memorización nada desdeñable si observamos que aunque no haya adquirido comprensión al respecto, es capaz de contestar con cierta corrección.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“a: mediante la vía fermentativa el organismo solamente obtiene por regla general dos moléculas de ATP, que es la energía que utilizará después en su anabolismo, sin embargo por vía anaeróbica, al final del proceso obtiene treinta y ocho moléculas de ATP, por tanto le resulta mucho más rentable esta última.*
- *b: tanto las células animales y las vegetales respiran ya que si no serían capaces de realizar su catabolismo, pero además las células vegetales realizan la fotosíntesis porque es mediante esa vía por donde los vegetales obtienen la glucosa. Por tanto es incorrecto afirmar lo que se dice en la pregunta, lo correcto sería decir que los*

vegetales realizan la fotosíntesis de donde obtienen la glucosa y ésta es después degradada (da) al igual que en los animales por vía anaeróbica(a) (utilizando el oxígeno y por tanto respiración).

- *c: No se puede diferenciar el catabolismo autótrofo del heterótrofo ya que ambos utilizan los mismos procesos (glucólisis, ciclo de Krebs, etc) para degradar los productos (en el caso de glúcidos, glucosa), o sea las mismas reacciones y por tanto es lo mismo el catabolismo autótrofo que el heterótrofo. De lo que sí se puede hablar como diferente es del anabolismo autótrofo, y del anabolismo heterótrofo”.*

¡Y deja en blanco el último apartado! ¿Por qué será? Es, toda ella, una pregunta que requiere razonamiento en términos biológicos pero quizás en esta última parte es donde más se evidencie la capacidad comprensiva de la entidad célula como un todo. ¿Podríamos pensar ante esto que Loreto la adquirió?. La respuesta más inmediata es “no”, pero esto, además, se corrobora con sus bajas posibilidades predictivas, con sus pobres deducciones e inferencias de las que en este ejercicio también tenemos un ejemplo.

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Durante la fase de ovulación, un gran conjunto de hormonas, enzimas y aparatos se ponen a trabajar, con lo cual hay un desgaste de energía superior a lo normal, por tanto, al ser los glúcidos (y éstos se encuentran contenidos en los alimentos dulces) las principales fuentes de energía a corto plazo, las mujeres comen alimentos dulces para así obtener energía de éstos y contrarrestar el enorme desgaste de energía que la ovulación produce.

HIPÓTESIS: Durante la fase de ovulación es necesario un gran aporte de energía, ya que se pone en funcionamiento muchas hormonas y aparatos.

Actividad 1- hacerlo con muchas mujeres.

Controlar en la mujer la cantidad de glúcidos que consume cuando no está en la fase de ovulación.

Controlar también la cantidad de glúcidos que ingiere en la fase de ovulación.

Contrastar después las cantidades que ingiere en cada una de las fases.

Actividad 2- Realizarse en diferentes mujeres.

Suprimirle el consumo de glúcidos durante la fase de no ovulación, y ver las consecuencias de esto.

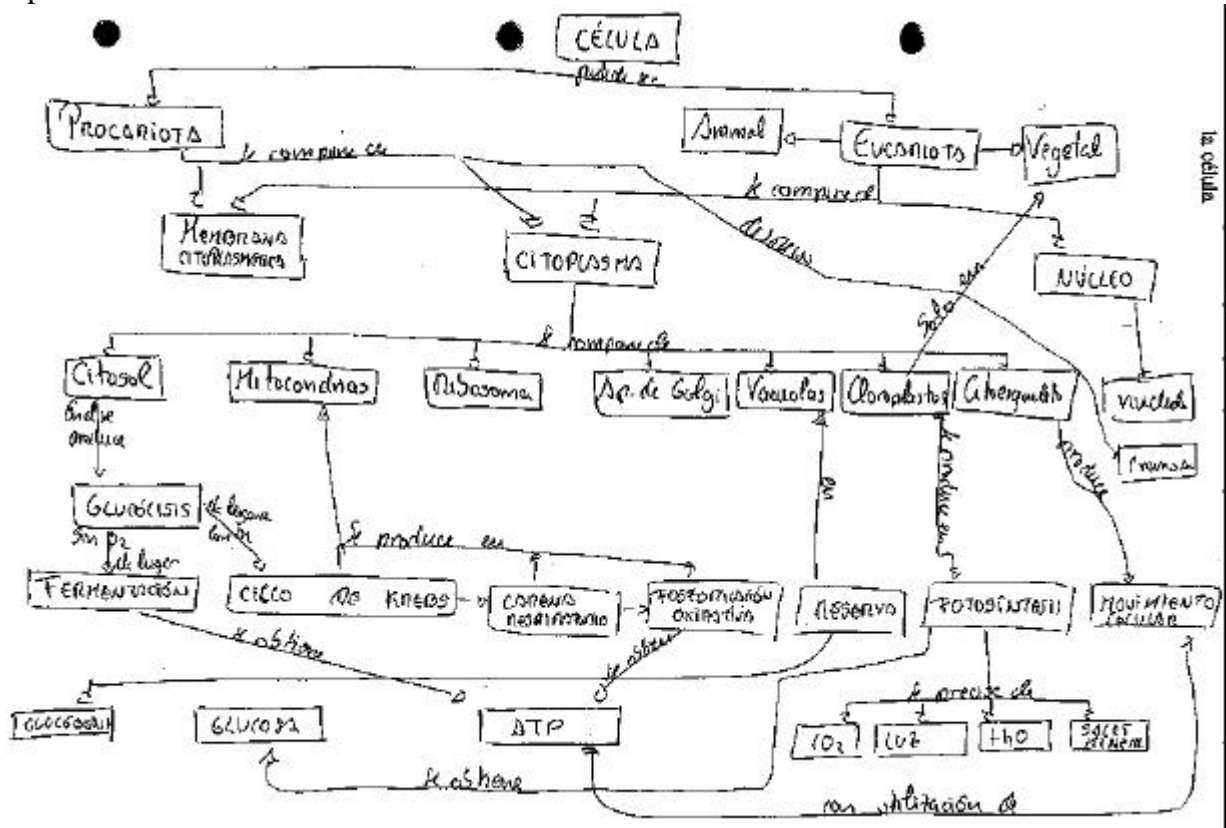
Una vez respuestas de nuevo los glúcidos.

Suprimirle el consumo de glúcidos durante la fase de ovulación y ver qué consecuencias tiene.

En mi opinión como hipótesis se producirán mareos o jaqueca”.

¿Y qué pasa con su primer mapa conceptual (9-1-97)? ¿Qué célula está detrás de esta producción? La selección de conceptos que hace en sí es adecuada y consistente, una selección que no queda más remedio que admitir que tiene que tener su correlato en su representación, es decir, tienen que existir en ella, cuanto menos, las etiquetas que dan sentido a los conceptos que caracterizan; por lo tanto, podemos aceptar que por lo menos se está produciendo un enriquecimiento en los elementos que constituyen los conjuntos que tiene Loreto en su mente para generar su modelo. Pero esos conceptos se unen de manera simple o, incluso, no se unen pues faltan nexos, y, en todo caso, dan lugar a proposiciones poco significativas en términos biológicos. Esta alumna ante esta tarea no muestra haber captado la globalidad de la entidad celular operando independientemente con su estructura y con su funcionamiento y quizás el dato más

claro nos lo ofrece la simple observación del mapa en el que se detecta en su jerarquización que se piensa en un nivel en estructuras (¡y primero!) y en otro en procesos.



Veamos cómo explica Loreto la célula en el examen de Lípidos (26-2-97)

“Es la unidad funcional de los seres vivos. O sea, realiza las funciones de relación, no puede vivir aislada ya que necesita obtener del medio los diferentes nutrientes que degradará mediante diferentes reacciones para obtener energía e ir en contra de la entropía localmente (aunque sea a costa de degradar) y de reproducción”.

No parece que haya generado mucho poder explicativo, si bien hemos de admitir que hay un cierto grado de elaboración si comparamos con explicaciones anteriores; en todo caso, se centra en funciones vitales y cómo dependen de la energía para que se mantenga la estructura, pero no entra ni en elementos constitutivos ni en procesos y, ni tan siquiera recurre a sus clases fundamentales o a sus partes básicas. El lenguaje en todo el ejercicio, en cualquier caso, sigue siendo muy libresco aunque con una expresión aceptable. Y de nuevo aquí nos encontramos con esa altísima capacidad que tiene Loreto para repetir mecánicamente, para recurrir a la memoria, hasta el extremo de que repite literalmente la forma de explicar el concepto “permeabilidad” que se siguió en clase, ¡hasta con frases propias de la profesora!. De este modo genera deducciones muy limitadas en las que también recurre a repetir mecánicamente información que son signos de un modelo mental poco comprensivo con respecto a la entidad que representa; pero deducciones al fin y al cabo, que suponen un cierto grado de correlación entre compuestos y sus papeles biológicos, lo que hace pensar que, efectivamente, otra vez piensa con un doble esquema de la célula para atender a la demanda planteada. Veamos un ejemplo.

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas

anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.

- ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
- Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

“HIPÓTESIS

Las ceramidas y los liposomas al contener sustancias lipídicas con ácidos grasos son hidrófilas (los ácidos grasos debido a su cadena hidrocarbonada son hidrófilo(s), apolar) y esto hace que actúen como impermeabilizantes y por tanto estableciendo una capa de protección de la piel ante los agentes que favorecen el envejecimiento (como ..., oxígeno, etc).

Actividad uno:

Se sabe que todas las manzanas tienen ceras naturales que recubren su piel. Entonces cogemos dos manzanas y a uno(a) le añadimos además otra capa de cera. Observamos lo que ocurre con ambas manzanas.

Actividad dos:

Varios hombres con el mismo estado de envejecimiento. A un grupo de ellos le aplicamos estas cremas con ceramidas o liposomas y al otro grupo no. Observar las variaciones en la piel de ambos grupos de hombres transcurrido el tiempo”.

El examen de Proteínas (14-3-97) no supone una tarea ante la que genere otra representación, el contenido trabajado entre éste y el anterior no ha reestructurado su modelo mental y, consecuentemente, no ha ampliado sus posibilidades explicativas y predictivas y de las dos cosas tenemos ejemplos en este ejercicio. Loreto sigue viendo la célula en un doble nivel y usa cada uno de esos esquemas, pero por separado, cada vez que las demandas así se lo exigen. A la pregunta de qué ocurriría en la estructura y en el funcionamiento celular si no existieran los enzimas, esta alumna da respuesta echando mano para ello de su esquema comportamental únicamente, o sea, sólo de su modelo parcial de funcionamiento, no dando cuenta de la otra parte de la demanda.

“Si los enzimas no estuvieran presentes las reacciones del metabolismo celular se llevarían a cabo con mucha lentitud y no sería posible la coordinación de todas estas reacciones por lo que el funcionamiento celular se vería imposibilitado y con éste la vida (ya que para que haya vida es necesario que una cantidad enorme de reacciones se produzcan en breves momentos). La única opción que le quedaría a los organismos para acelerar sus reacciones (en el caso que no existieran enzimas) sería aumentar la temperatura corporal, pero esto traería otros muchos problemas”

Otra vez más nos encontramos con pobres e inconsistentes inferencias y deducciones como consecuencia del modelo mental que Loreto está ejecutando al hacer este examen. La siguiente cuestión, en el mismo ejercicio, es un ejemplo de ello:

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

“Las plantas, al igual que los seres humanos, deben poseer un sistema inmunológico que las proteja, pues bien, antes de rociar el herbicida en el cultivo(s) las plantas de (que) constituyen las plantaciones de cultivo pueden ser inmunizadas ante este

herbicida y así cuando absorv(b)en el herbicida este será atacado por el sistema inmune de la planta.

Otra explicación posible sería que las malas hierbas deben ser eliminadas ya que absorv(b)en la mayor parte del agua y sales minerales por lo que la planta de cultivo que se encuentra al lado no recibirá mucho agua ni sales minerales por lo que se morirá.

Al introducir este herbicida las primeros en absorv(b)erlo serán las malas hierv(b)as con lo que consiguientemente morirán pero las plantas de cultivo absorv(b)erán sólo una mínima cantidad que no afectaría a su vida.

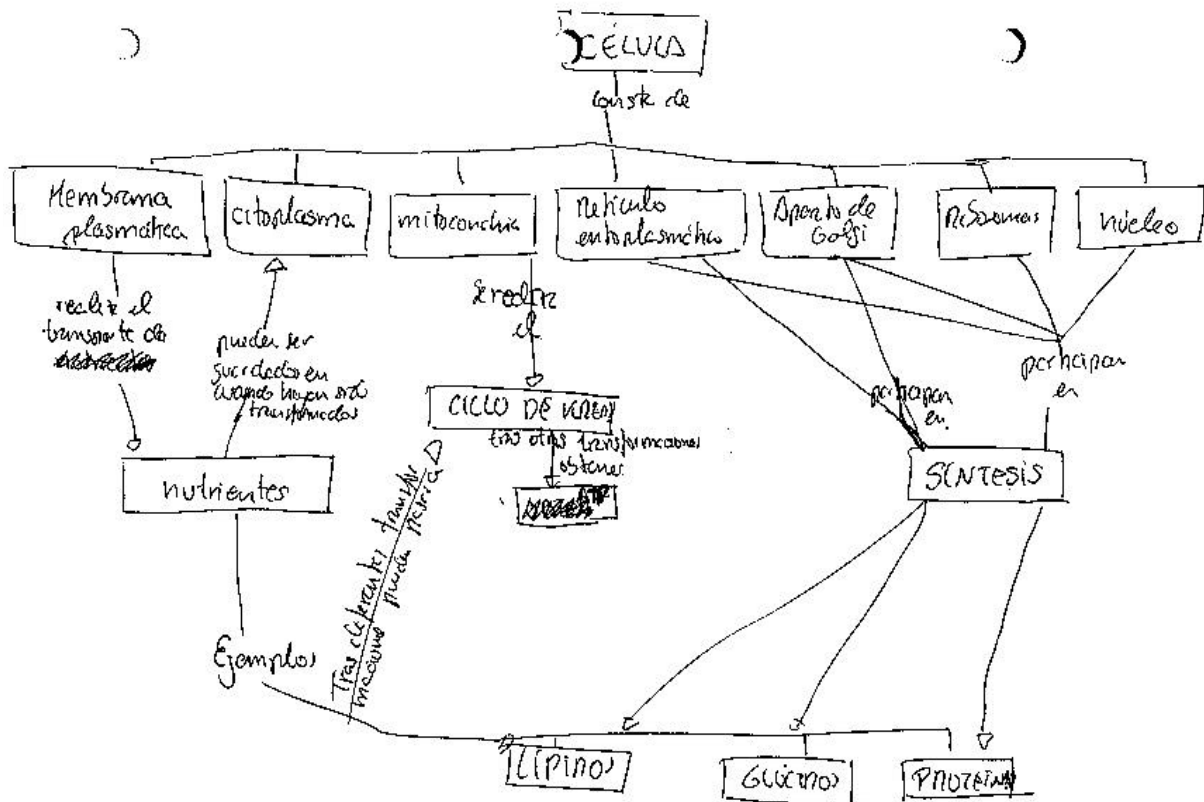
Actividad de comprobación.

En una maceta, colocamos una planta de cultivo con malas hierv(b)as y rociamos el pesticida.

En otro la planta de cultivo sola más el herbicida.

Observar lo que ocurre en ambas plantas”.

Observemos su segundo mapa conceptual (1-4-97). La solicitud hecha consistía en hacerlo para dar cuenta del conocimiento disponible sobre la estructura y sobre el funcionamiento celular pero sólo con quince conceptos; de los seleccionados por Loreto , doce son estructurales (siete organulares y cinco moleculares)!. ¿En qué célula está pensando esta joven cuando lo hace? ¿Qué representación está detrás de dicho mapa? La respuesta parece evidente. Y aún así, no es esto lo que nos lleva a concluir que en esta ocasión se ha construido un modelo mental dual de la célula (modelo B), sino la combinación del análisis de los criterios establecidos previamente, lo que nos lleva a pensar que, efectivamente, esta forma de estudiar las producciones es eficaz. Veamos el mapa en cuestión.



No vemos nada nuevo al enfrentarnos al examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) que nos presenta Loreto ; es otro ejemplo más de los mismos síntomas: frases librescas, discurso articulado, repetición mecánica de información, pobres deducciones e inferencias, o sea, lo mismo que ya hemos comentado que nos conduce a definir como modelo generado en esta nueva ocasión un modelo dual. Su forma de explicar el papel de los ácidos nucleicos en la célula es como sigue:

“Los ácidos nucleicos son los que portan la información genética, la necesaria par(a) que un organismo viva, crezca y se reproduzca; un gen es un fragmento de ácido nucleico, que lleva la información para la síntesis de una proteína, por tanto los ácidos nucleicos portan la información para la síntesis de proteínas y lo que es más participan activamente en este proceso. (transcripción y traducción de proteínas).

Las proteínas constituyen el 70% de la masa e intervienen en muchas reacciones vitales en seco de un organismo, y los organismos se diferencian entre sí por las proteínas que contengan. Es pues imprescindible para la estructura y el funcionamiento de una célula los ácidos nucleicos, ya que éstos dirigen la síntesis de proteínas”.

Obsérvese que la pregunta plantea su relación con ambos aspectos (estructural/comportamental). Si bien se delimitan dos partes en la respuesta anterior centradas en cada uno de ellos, no vamos a negar que se nos presenta una tímida integración, una leve aunque muy global interconexión entre esas dos vertientes. Pero lo que sigue primando en la cabeza de Loreto es ese doble esquema de célula, esa forma de hacer rotar parcialmente o bien su anatomía o bien su comportamiento, lo que la lleva a operar haciendo un catálogo de sus elementos estructurales y añadiendo al mismo otra relación de sus papeles biológicos, un funcionamiento-suma, en definitiva, que, por lo que se ve, es una consecuencia del modelo construido. Eso es lo que tuvo Loreto en mente cuando interpretó un dibujo para dar cuenta de su grado de reflejo de la estructura y del funcionamiento celular (13-5-97).

“Membrana: la membrana se encarga de controlar® el transporte entre el medio externo de la célula y el interno. Así el dibujo muestra a un hombre que controla el paso de un cargamento al igual que lo hace la membrana.

Mitocondria: al igual que en el dibujo es la fábrica de la célula, donde se sintetizan ciertos productos provenientes del medio externo a otros utilizados por la célula. Además es donde a partir de la degradación de la glucosa se obtiene ATP.

Núcleo: al igual que en el dibujo se encarga de controlar el funcionamiento de la célula, mandando mensajes, contenidos en el ADN, que son transportados por el ARN mensajero hasta los ribosomas, con la información adecuada para que se sinteticen determinadas proteínas necesarias para el funcionamiento celular.

Ribosomas: Así, en los ribosomas la información procedente del núcleo (en el dibujo se observa que núcleo y ribosomas están conectados en con el ordenador) es utilizada, para la fabricación de proteínas en éstos, una vez sintetizadas son recogidas por el retículo endoplasmático rugoso, al igual que observamos en el dibujo donde unos hombres portan esas proteínas sintetizadas y pasan al retículo endoplasmático liso, en ambos retículos pueden ser almacenados.

Las vacuolas de almacenamiento se encargan de coger todos los productos que la célula crea y que no utiliza hasta su posterior utilización. En el dibujo se observa cómo un camión recoge dichos productos.

Las vacuolas digestivas, se encargarán de comer todos aquellos productos de desecho de la célula e incluso orgánulos que ya han envejecido y los tritura en su interior, al igual que el dibujo que se observa cómo se rompen ciertos productos.

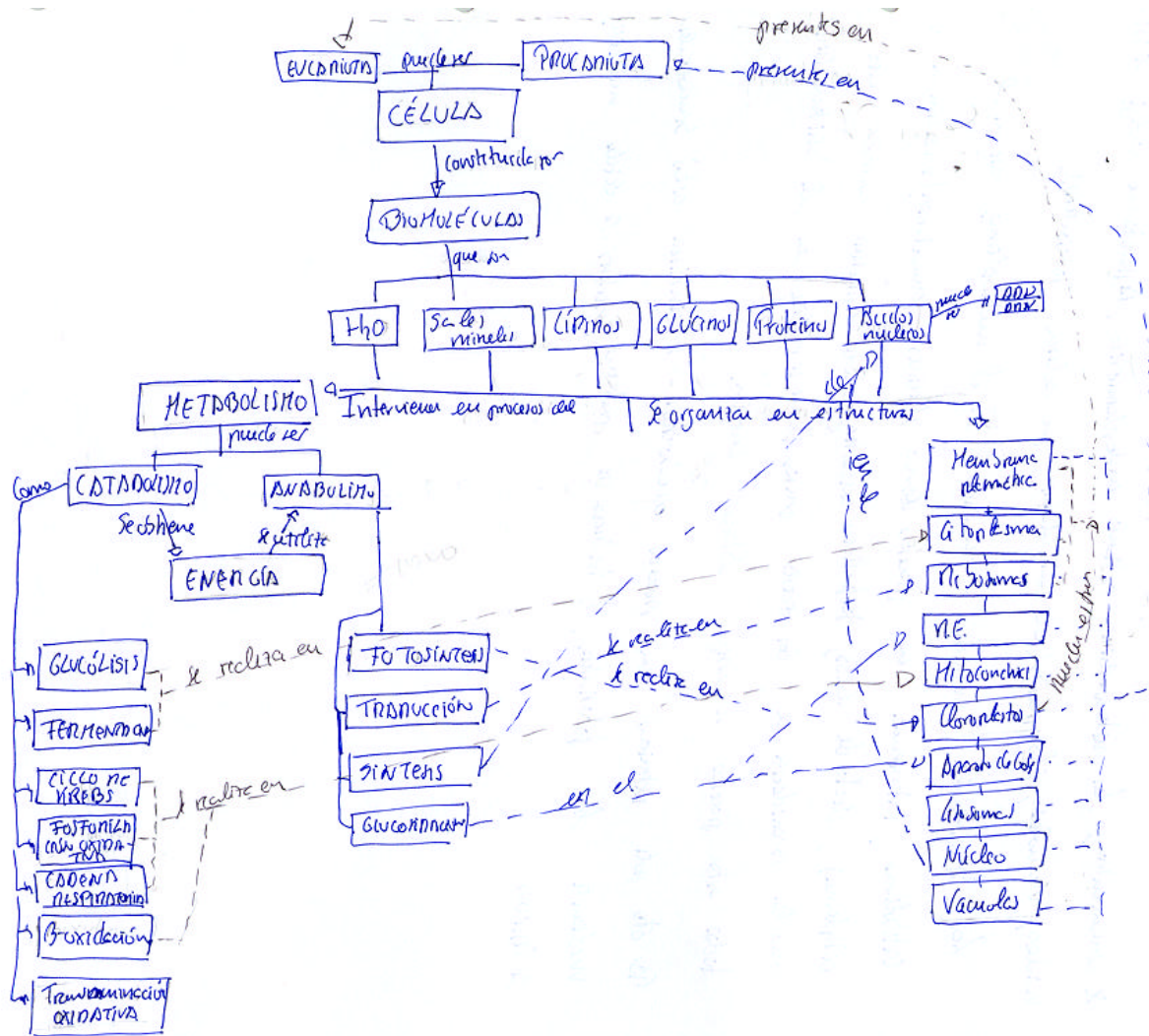
Los lisosomas contienen líquidos enzimáticos en su interior capaces de romper ciertos productos en cuanto se produzca un estímulo”.

Debemos caer en la cuenta, además, observando lo anterior, incluso de que el formato responde a esa relación y, también, que en conjunto, esta estudiante usa sólo “desecho” y “transporte” como conceptos fisiológicos, recurriendo a verbos para significar el funcionamiento que le atribuye a su célula. El dibujo que hace para dar cuenta de lo mismo (19-5-97) no difiere mucho de los habituales en los libros de texto; es un dibujo simple, estático, al que dota de volumen en el que identifica diferentes

órganulos y cita a su lado el proceso que realizan, o sea, otra vez una relación a modo de catálogo, un funcionamiento-suma de la célula.



El tercer mapa conceptual de Loreto (mayo, 97) da fe de lo mismo, es decir, de un modelo mental dual que atiende por un lado a las estructuras y por otro a los procesos, estableciendo algunas conexiones entre sí, aunque sean tan tímidas como “se realiza en” y que, como es lógico, resultan ser poco significativas en términos biológicos, lo que se entiende que es una consecuencia del bajo poder explicativo desarrollado como resultado de su limitado y poco comprensivo modelo mental de célula.



¿Qué célula representa Loreto cuando hace el cuestionario final (29-5-97)? No parece ser otro su modelo en esta ocasión que el que ya se ha expresado; de hecho, hay cosas que podríamos decir que no han cambiado en su mente, imágenes simples, pobres, que no se han enriquecido nada y que, desde esa perspectiva, operan como si de una simple idea aislada se tratara, visiones que siguen siendo un simple, ¡otra vez! “huevo frito”. Eso es lo que se desprende de su forma de representar y de dibujar una célula en este momento.

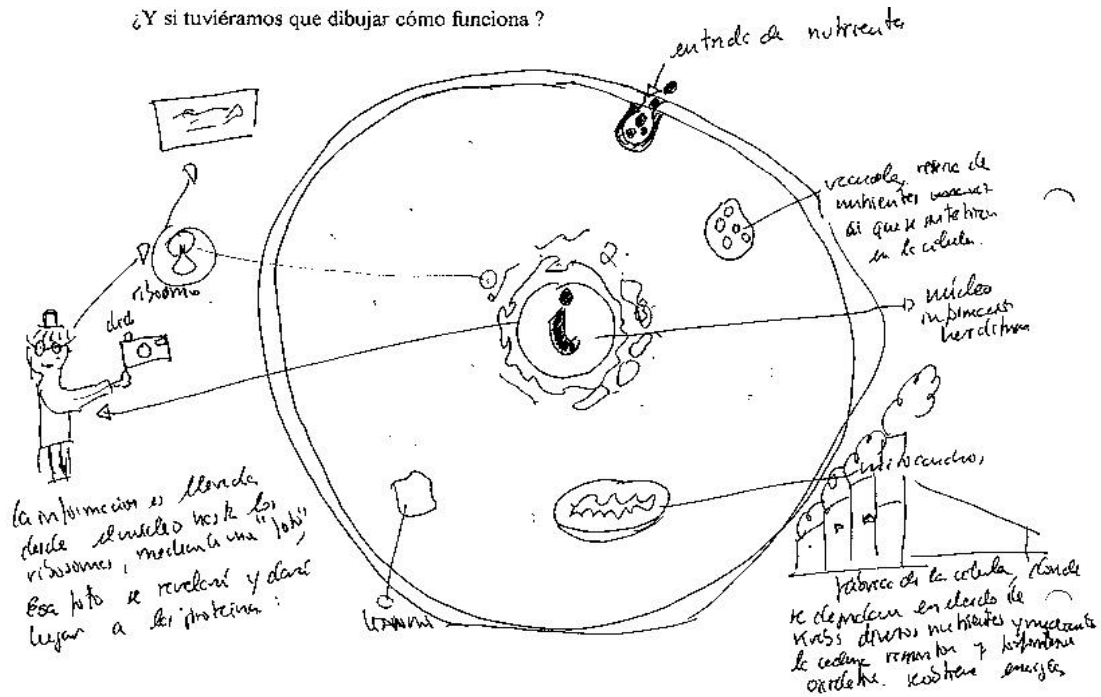
“Mediante un dibujo sería la mejor forma de representar la célula, aunque mediante un dibujo es muy difícil explicar el funcionamiento de la célula”.



Pero no sería justo decir que su modelo no ha evolucionado, no ha cambiado; no es eso lo que se desprende del curso que ha seguido su incorporación conceptual ni tampoco de sus producciones. Loreto ha generado una idea de célula, una concepción diferente en la medida en que la ha dotado de un dinamismo que no consideraba, por separado e independiente de su estructura, porque es muy difícil, pero funcionamiento al fin y al cabo, para el que en esta ocasión, para comunicarlo, echa mano de una muy

personal analogía (oficina de información) además de otra ya repetida (la fábrica); esta posibilidad de establecer correlaciones comportamentales entre sus elementos celulares y cosas que ella conoce y sabe cómo actúan supone un grado de desarrollo en su representación que la dota de una mayor capacidad explicativa y que representa un cambio en la misma pues ya no responde a una simple estructura ya que, de ser así, no se podrían establecer esas semejanzas entre las entidades y sus blancos (¡dinámicos!) ni definir esos símiles.

¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?



Obsérvese, de todas maneras, que seguimos estando ante un funcionamiento-suma, no exteriorizándose interconexión alguna entre los distintos elementos estructurales ni topográfica ni funcionalmente. Aún así, parece probado, sobre todo si comparamos con aquel primer modelo mental sólo estructural, que Loreto ha generado progresivamente un mayor poder explicativo con respecto a la entidad célula que ha estudiado y que, en esa medida, y aunque opera parcialmente en lo que a su comprensión se refiere, ésta también ha ido ganando, pues cada vez que registrábamos un nuevo instrumento, nos hemos ido encontrando con más signos de ciertas interconexiones entre diferentes elementos y procesos; aún todo ello es incipiente y en términos muy generales, pero presente en su cabeza y ante este cuestionario tenemos un ejemplo de ello.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Poder llevar a cabo reacciones metabólicas que vayan en contra de la entropía, Tener una membrana que la aisle del medio exterior pero que le permita mantener contacto con éste, para incorporar o extraer al/del medio celular.

Además de incorporar orgánulos específicos, para realizar cada una de las reacciones que en ella se produzcan, o estar suficientemente organizada para que las reacciones que se llevan a cabo no interfieran.

Una célula para funcionar necesita energía que obtiene a partir de procesos catabólicos”.

Ante la entrevista final del curso (10-6-98) Loreto genera un modelo similar; “su” célula, cuando describe la imagen que le surge en su mente al oír esa palabra es la siguiente:

ML : una habitación ;desordenada. ¿Célula ?

Loreto : ¿célula ? ..., ¡buh ! ¡mmm ! ... a ver, no sé ... es eso, un dibujo de la célula.

ML : un dibujo de la célula, descríbemelo.

Loreto : pues ... así redondo cooonn ¿sabes ? ... como los que aparecen en los libros cooonn ¡tch ! con una parte de ¿sabes ? ... sin una parte de la célula quitada y

ML : sin una parte.

Loreto : ... se ve el núcleo, los ribosomas, vacuolas, las membranas, todo eso.

ML : eso es lo que estás viendo. ¡Aaahhh !. Esa imagen es fija.

Loreto : ¡mj !

Seguir la conversación en esta entrevista es difícil porque las respuestas son poco articuladas. Veamos un extracto de la misma que se desarrolla cuando se le enseña a esta alumna una foto de microscopía electrónica con intención de que la contraste con su propio modelo y de que la interprete en voz alta.

ML : vamos a ver, ¿tú crees que esto es una imagen ?

Loreto : sí.

ML : es una imagen.

Loreto : sí.

ML : ¡mmm ! ... representa gráficamente algo ; ¿qué representa ?

Loreto : una célula.

ML : una célula.

Loreto : bueno, las, sí, no todo pero [...]

ML : ¿cómo ?

Loreto : una, una parte de la célula.

ML : una parte de una célula ; ¡mmm ! Esto es una imagen de célula, me estás diciendo

¡mmm ! y tú me describiste antes una imagen de célula también ;

Loreto : ¡mj !

ML : ¿se parecen ... tu imagen y esta imagen ?

Loreto : no, la mía es máaas sencillita.

ML : la tuya es más sencillita. A ver, vete diciéndome todas las diferencias.

Loreto : ¿sabes ? la mía no tiene ... todos estos, sino se ve todo más claro ¿sabes ? una diferenciaaa, como ... ¿sabes ? que no se ve todo esto negro yyy.

ML : no se ve todo esto negro ; te refieres a que la tuya es más clarita, más diferenciada.

Loreto : ¡mj ! ya ¿sabes ? que se ve todo más ... como se ve en los libros ¿sabes ? no es una fotografía sino más

ML : ¿esto es real ? ¿esta imagen que yo te estoy enseñando es real ?

Loreto : ¡mj !

ML : ¿qué significa eso, que tu modelo de célula no es real ?

Loreto : sí es real pero como unaaa idealización ¿no ? [...]

Su modelo es una idealización, un análogo estructural que es más sencillito que la foto, más simple y es ésa una característica básica de los modelos mentales; ante la imposibilidad de captar todos los detalles, todos los elementos de la realidad, del mundo real, lo que hace la mente humana es recurrir como intermediario, como puente, a un análogo estructural de ese mundo real, de modo que se representa esa realidad de forma más simple, respondiendo esa simplificación a la manera según la cual ese mundo se ha percibido o se ha concebido, lo que define la relevancia para el individuo de aquello que capta. Loreto en esta entrevista nos está dando un ejemplo que evidencia y justifica la afirmación anterior; ¡Loreto simplifica la célula! para intentar entenderla pero no termina de captar su esencia como unidad de vida porque su modelo mental la limita. Piensa en una estructura y para ello, según dice, usa la imagen prototípica de los libros, pero le cuesta imaginar el funcionamiento, no puede modelarlo, y lo que hace ante demandas que lo requieren es recordar lo que ha sido capaz de memorizar, le cuesta admitirlo pero es así y ha ocurrido varias veces a lo largo del curso.

ML : podrían ser vacuolas. ... Vamos a ver, Loreto , ¡aaahhh ! ¿por qué me dices que esto es núcleo, que esto es mitocondria, que esto es Golgi ?

Loreto : *es que yo de esas cosas sé la forma a partir deeee, de las fotografías que hemos visto y de los libros y por eso sé la forma que tienen y por eso pueees.*

ML : sabes la, la forma. Podríamos decir, entonces, que lo que estás haciendo es aplicar lo que sabes.

Loreto : *claro.*

ML : Y lo que sabes ¿responde más a imágenes o responde más a explicaciones ?

Loreto : *..., a imágenes.*

ML : a imágenes. ¡mj ! Entonces lo que tú estás haciendo con esta foto cuando yo te pido que la interpretes ¿qué es ? ¡mmm ! ¿partir como referente de tu modelo de célula ?

Loreto : *¡mj !*

ML : ¿y ese modelo es gráfico ? ... ¿básicamente gráfico ?

Loreto : *no, bueno, sabes que también tienes que tener que ... ¡tch ! ... pues bueno sí, básicamente es gráfico.*

ML : básicamente tu modelo es gráfico. ... Entonces, ¿se podría decir que básicamente tu modelo atiende a la estructura ?

Loreto : *sí porque, o sea, a la hora del dibujo, yo me fijo en lo gráfico, ¡ah ! ... es que aquí no se puede ver el funcionamiento.*

ML : ¿tienes algún modelo sobre el funcionamiento ?

Loreto : *¡eso es más difícil !*

ML : eso es más difícil ; a ver ¿por qué es más difícil eso ?

Loreto : *¿un modelo sobre el funcionamiento ?*

ML : sí.

Loreto : *porqueee para mi es difícil ponerlo en un dibujo.*

ML : ponerlo en un dibujo ; yo no te pido ahora que me lo pongas en un dibujo, pero ¿tienes un modelo del funcionamiento ?

Loreto : *... no*

ML : cuando yo te hablo del funcionamiento ¿te surge o percibes algún modelo gráfico ?

Loreto : *... es que no porque después de todos ¿sabes ? de todo looo que hemos dado, que si la glucólisis, el ácido pirúvico ¿sabes ? que no te looo imaginas.*

ML : no te puedes imaginar el funcionamiento de una célula.

Loreto : *yo no [contesta antes de que yo acabe la frase anterior].*

ML : ¿tú no te puedes imaginar el funcionamiento de una célula ?

Loreto : *no, o sea, no sé cómo looo, o sea, ... sé que, que va de aquí ¿sabes ? los nutrientes, dónde se forman y por qué ¿sabes ? y todo eso pero ... un modelo para decir el funcionamiento no ¿sabes ? ... Me tengo que saber el funcionamiento.*

ML : te tienes que saber el funcionamiento ; ¿y cuando dices : me tengo que saber el funcionamiento, a qué te refieres ? ¿a que te lo tienes que saber de memoria ?

Loreto : *nóo, de memoria no, tampoco [contesta con énfasis, como si le hubiese molestado] ... Bueno sí, te lo tienes que saber (sonríe al mismo tiempo) pero ¡tch ! pero que nooo, es más difícil que, que saberte la estructura ¿sabes ?*

¡Y memoria tiene! y recordar, recuerda porque es capaz de usar incluso con exageración multitud de conceptos organulares, moleculares, metabólicos, ..., de tal manera que si bien no todos forman parte de su estructura cognitiva con auténtico sentido, no fueron suficientemente relevantes en sus significados, con significado biológicamente aceptado, cuanto menos, los ha incorporado y le permiten explicar, aunque sea con limitaciones, el papel que tienen en la estructura y en el funcionamiento celular. Esas explicaciones, en todo caso, son parciales, como parcial es el modelo que ha caracterizado su forma de operar durante la práctica totalidad del curso y este final del mismo, un modelo dual (modelo mental B) que le resulta más cercano y familiar y que la dota de explicaciones para ella asequibles, como confiesa, para atender a la célula-estructura y más difícil de manejar, y más complicado también, para dar cuenta de la célula-funcionamiento, no habiendo desarrollado, como consecuencia de su representación, una comprensión científicamente correcta de toda su complejidad como unidad de vida. Los datos que Loreto nos ha ofrecido parecen avalar tales interpretaciones.

ANEXO N° 27:

CARLA

NOMBRE: Carla

CURSO: COU B

FECHA: 18-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Células, vida, organización, núcleo, orgánulos, mitocondrias, aparato de Golgi, vacuolas, animales, vegetales, reacciones químicas, ser vivo, relación, nutrición, reproducción, membranas, nucleolo, ribosomas.	Célula, entropía, orgánulos, principios, metabolismo, citoplasma, membrana, núcleo.	Ser vivo, nutrición, relación, reproducción, metabolismo, células, organización, organismo, vida, catabolismo, anabolismo, reproducción sexual, reproducción asexual, mitosis, meiosis, glucólisis, ciclo de Krebs, ADN, fotosíntesis, membrana, mitocondria, vacuolas, aparato de Golgi, vesículas, núcleo, nucleolo, ATP, medio, energía, planta, orgánulos.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica (Ej: preg. 3 A y B -frases cortas)	Organización autónoma (¡aunque pobre-breve!)	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso (seguramente porque en nuestra mente está grabada alguna imagen de fotocopias o libros donde aparecen células; no dibuja voluntariamente)	Uso (dibujos muy simple y sin nombrar nada) (en octubre no dibuja y por tanto no delimita elementos celulares)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: azucarero. • Lípido: michelines. • Energía: movimiento -nosotros. • Entropía: desorden -nosotros. • Célula: académica, estática (de libro). • Meiosis: imagen biológica. • Fotosíntesis: el Sol, plantas. • Ser vivo: nosotros (imagen analógica biológica). • Nutrición: nosotros comiendo (imagen analógica biológica). • Relación: nosotros hablando (imagen analógica biológica).
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	No se detectan	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- Pág. 6: un dibujo no, una imagen real.
- Pág. 8: su modelo y los de clase.
- Pág. 8 A: le asemejas la forma que tienes en la, en la mente con la que está ahí.
- Pág. 8 I: no imagen para funcionamiento.
- Pág. 9 A: la estructura no porque la estructura es lo que, es lo que sabemos desde 1º, la estructura de una célula, pero el funcionamiento (al hilo de que ha cambiado mucho su conocimiento en el funcionamiento) ha evolucionado mucho.
- Pág. 10 I: conecta distintos orgánulos.

NOMBRE: Carla

CURSO: COU B

FECHA: 18-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, orgánulos, moléculas orgánicas, ribosomas, hialoplasma, mitocondria, aparato de Golgi, principios inmediatos orgánicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, funciones, metabolismo, ATP, anabolismo, catabolismo.	Célula, proteínas, glúcidos, ácidos nucleicos, lípidos, síntesis proteica, degradación, fotosíntesis, glucolisis, β -oxidación, fermentación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, metabolismo, ATP.	Célula, eucariota, procariota, nutrición, relación, reproducción, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, transporte, homeostática, reserva, energética, estructural hormonal, enzimática, membrana, citoplasma, núcleo, retículo endoplasmático, mitocondria, aparato de Golgi, cloroplastos, lisosomas, ribosomas, cromosomas, interfase, división celular, metabolismo, catabolismo, anabolismo, glucolisis, β -oxidación, fotosíntesis, síntesis proteica, respiración aerobia, respiración aerobia, materia, energía.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente (excepto "funciones")	Adecuada y consistente	Arbitraria (Ej: adjetivos en funciones proteicas; de resto es adecuada y consistente)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples (3 son algo más explicativas)	Simples	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Coherente	De libro (bioquímica, citología, metabolismo, pero con relaciones cruzadas)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Carla

CURSO: COU B

FECHA: 18-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> no hace los dibujos. "Sería muy difícil dibujar cómo funciona una célula porque cada orgánulo, por ejemplo, tiene una función diferente, y luego, en general, la célula realiza muchas otras diferentes". 	<ul style="list-style-type: none"> no anota ni nombra nada en los dibujos que realiza (1º y 3º). "No soy capaz de dibujar el funcionamiento de una célula". 	<p>Membrana plasmática, vacuolas, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, retículo endoplasmático liso, mitocondria, lisosomas, vesículas, aparato de Golgi.</p> <ul style="list-style-type: none"> "no puedo plasmar el funcionamiento de una célula".
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	No hay dibujos	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	No identificación (en el círculo -dibujo 3º- nombra orgánulos)	Identificación (y si acaso! No nombra los orgánulos que ha dibujado aunque diferencia estructuras distintas)	Identificación
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	No hay dibujos	Simples-estáticos	Simple-estático.

NOMBRE: Carla

CURSO: COU B

FECHA: 18-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Células, vida, organización, núcleo, orgánulos, mitocondrias, aparato de Golgi, vacuolas, animales, vegetales, reacciones químicas, ser vivo, relación, nutrición, reproducción, membranas, nucleolo, ribosomas.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, vida, nutrición, relación, reproducción, ser vivo, reacciones químicas, transporte, agua, ósmosis, sales minerales, turgencia.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones, cloroplastos, fotosíntesis, glucólisis, respiración aerobia, anaerobio, células, vegetales, animales, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, anabolismo, glucógenogénesis, glúcidos, energía, citosol, citoplasma, hialoplasma, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, monosacáridos, agua, ácidos grasos., medio.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Célula, orgánulos, moléculas orgánicas, ribosomas, hialoplasma, mitocondria, aparato de Golgi, principios inmediatos orgánicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, funciones, metabolismo, ATP, anabolismo, catabolismo.
ex. LÍP. 26/2/97	Célula, lípidos, glúcidos, orgánulos, citosol, membrana mitocondrial, mitocondria, ciclo de Krebs, β -oxidación, proceso catabólico, transporte, dictiosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, membrana plasmática, proteínas, enzimas, secreción, matriz mitocondrial, crestas mitocondriales, fosforilación, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, ácidos grasos, agua, vesículas, glucosidación.
ex. PROT. 14/3/97	Membranas, proteínas, respiración celular, reacciones, enzimas, célula, aminoácidos, síntesis proteica, ribosomas, antígeno, inmunidad, respuesta humoral, respuesta celular, anticuerpos, vacunas, sueros, catálisis, organismos, energía, traducción, ARN mensajero, ARN transferente, anticodón, codones, linfocitos.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Célula, proteínas, glúcidos, ácidos nucleicos, lípidos, síntesis proteica, degradación, fotosíntesis, glucolisis, β -oxidación, fermentación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, metabolismo, ATP.
ex. AN. 12/5/97	Fenotipo, genotipo, cromátidas, cromosomas, recombinación, ser vivo, vida, óvulo, espermatozoide, sexo, ADN, nucleótidos, ARN, células, ciclo vital, genes, proteínas, genoma, mitosis, citocinesis, profase, núcleo, envoltura nuclear, nucleolo, huso mitótico, metafase, microtúbulos, centriolos, cinetócoros, anafase, telofase, citoplasma, animales, vegetales, vesículas, aparato de Golgi, meiosis, ácidos nucleicos, reproducción, ribosomas, información genética, replicación, haploides, herencia.
Símil de la fábrica 12/5/97	Membrana, núcleo, célula, organismo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, retículo endoplasmático liso, proteínas, vacuolas, mitocondria, lisosomas, información, transporte.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Membrana plasmática, vacuolas, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, retículo endoplasmático liso, mitocondria, lisosomas, vesículas, aparato de Golgi.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Célula, eucariota, procariota, nutrición, relación, reproducción, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, transporte, homeostática, reserva, energética, estructural hormonal, enzimática, membrana, citoplasma, núcleo, retículo endoplasmático, mitocondria, aparato de Golgi, cloroplastos, lisosomas, ribosomas, cromosomas, interfase, división celular, metabolismo, catabolismo, anabolismo, glucolisis, β -oxidación, fotosíntesis, síntesis proteica, respiración aerobia, respiración aerobia, materia, energía.
Cuestionario final 28/5/97	Célula, entropía, orgánulos, principios, metabolismo, citoplasma, membrana, núcleo.
Entrevista. 10/6/97	Ser vivo, nutrición, relación, reproducción, metabolismo, células, organización, organismo, vida, catabolismo, anabolismo, reproducción sexual, reproducción asexual, mitosis, meiosis, glucolisis, ciclo de Krebs, ADN, fotosíntesis, membrana, mitocondria, vacuolas, aparato de Golgi, vesículas, núcleo, nucleolo, ATP, medio, energía, planta, orgánulos.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, orgánulos, mitocondrias, aparato de Golgi, vacuolas, membranas, nucleolo, ribosomas.	-	Cloroplastos, citosol, citoplasma, hialoplasma.	Orgánulos, ribosomas, hialoplasma, mitocondria, aparato de Golgi.	Orgánulos, citosol, membrana mitocondrial, mitocondria, dictiosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vacuolas, membrana plasmática, matriz mitocondrial, crestas mitocondriales, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, vesículas, hialoplasma.	Membranas, ribosomas.	-	Cromosomas, núcleo, envoltura nuclear, nucleolo, huso mitótico, microtúbulos, centriolos, cinecóroros, citoplasma, vesículas, aparato de Golgi, ribosomas.	Membrana, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, retículo endoplasmático liso, vacuolas, mitocondria, lisosomas.	Membrana plasmática, vacuolas, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, retículo endoplasmático liso, mitocondria, lisosomas, vesículas, aparato de Golgi.	Membrana, citoplasma, núcleo, retículo endoplasmático, mitocondria, aparato de Golgi, cloroplastos, lisosomas, ribosomas, cromosomas.	Orgánulos, citoplasma, membrana, núcleo.	Membrana, mitocondria, vacuolas, aparato de Golgi, vesículas, núcleo, nucleolo, orgánulos.	AG5,centriolo1,cilio1,ctq2,ctpl6,clpt5,crmit1,crma4,envnucl2,fgl1,hpl7,husoacr1,liss4,matrizmit1,mmbr8,mnbrcel1,mnbrmit1,mnbrnucl1,mnbrplasm3,mitc10,núcl9,nuclo4,org7,paredcel2,peroxisoma1,RE7,RER2,rib9,tilacoides1,vesc2.
Moléculas	-	Agua, sales minerales.	Glúcidos, monosacáridos, agua, sales minerales.	Principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP.	Lípidos, glúcidos, proteínas, enzimas, ácidos grasos, agua.	Proteínas, enzimas, aminoácidos, ARN mensajero, ARN transferente, anticodón, codones.	Proteínas, glúcidos, ácidos nucleicos, lípidos, ATP.	Cromátidas, ADN, nucleótidos, ARN, genes, proteínas, ácidos nucleicos.	Proteínas.	-	Agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos.	Principios inmediatos.	ADN, ATP.	Acgr2,AN2,ADN4,agua4,aa1,apoenz1,ARN5,ARNm3,ARNt2,ATP6,cofactor1,cromát1,cromat2,enz3,gen1,glúc5,grasa1,holoprot1,líp5,monosac1,nucleótido2,nutriente4,PI2,prot7,sm2.
PROCESOS Mts.	-	-	Fotosíntesis, glucólisis, respiración, aerobia, anaerobia, catabolismo, autótrofo,	Metabolismo, anabolismo, catabolismo.	Ciclo de Krebs, β -oxidación, proceso catabólico, secreción,	Respiración celular, síntesis proteica, catálisis, traducción.	Síntesis proteica, degradación, fotosíntesis, glucólisis, β -oxidación,	Replicación.	-	-	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, glucólisis, β -oxidación,	Metabolismo	Metabolismo, catabolismo, anabolismo, glucólisis, ciclo de Krebs,	Anb3,anaerb1,autófl,â-ox1,cadresp3,cat4,cKrebs3,deseco1,digest1,fermet1,ffox1,ftst3,

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
			heterótrofo, anabolismo, glucógenogénesis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria.		fosforilación, glucosidación.		fermentación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, metabolismo.				fotosíntesis, síntesis proteica, respiración anaerobia, respiración aerobia.		fotosíntesis.	glucogén1, glucólisis2, glucosidación1, heteró1, mtb1, reacmtbs1, resp2, respcel1, secrec1, síntesis5, sprot2, traduc1, transcrip1.
Otros	Relación, nutrición, reproducción.	Nutrición, relación, reproducción, transporte, ósmosis, turgencia.	-	-	Transporte.	-	-	Recombinación, ciclo vital, mitosis, citocinesis, profase, metafase, anafase, telofase, reproducción, haploides.	Transporte.	-	Nutrición, relación, reproducción, transporte, división celular.	-	Nutrición, relación, reproducción, reproducción sexual, reproducción asexual, mitosis, meiosis.	Anaf1, diploten1, diploten1, exocit2, funciones4, FV4, meiosis4, metaf1, mitosis3, nut2, ósmosis1, plasmólisis1, prof1, rel2, rep8, rasex1, rsex1, sobrecruz1, telof1, transporte5, urgen1.
CONCEPTOS GRALES:	Células, vida, organización, animales, vegetales, reacciones químicas, ser vivo.	Célula, vida, ser vivo, reacciones químicas.	Reacciones, células, vegetales, animales, energía, medio.	Célula.	Célula.	Reacciones, célula, organismos, energía.	Célula.	Ser vivo, vida, células, animales, vegetales, información genética, herencia.	Célula, organismo, información.	-	Célula, eucariota, procariota.	Célula, entropía.	Ser vivo, células, organización, organismo, vida, medio, energía, planta.	Ani4, célula1, energía7, entropía1, eucariota2, genética3, información3, ingen2, materia2, organismo3, organización1, procart1, reac3, svv5, vgt3, vida5.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	-	Antígeno, inmunidad, respuesta humoral, respuesta celular, anticuerpos, vacunas, sueros, linfocitos.	-	Fenotipo, genotipo, óvulo, espermatozoide, sexo.	-	-	-	-	-	Anticuerpo1, antígeno1, gameto1, genotipo1, inmunidad1, linfocito1, permeabilidad1, resp1, respcel1, respumoral1, sexo1, sistinmut.1, vacuna1.
MODELO	A	B	B/C	B	B/C	B	B	B	B	A	B/C	B	B	B

La célula como mundo real, como realidad, como ente es algo complejo, una cosa física, material, que no se caracteriza precisamente por eso sino por la complejidad de los procesos que realiza y que la define y caracteriza como concepto, una entidad abstracta que no se puede ver, que no se puede manipular para su estudio por parte del alumnado del nivel que nos ocupa y que, consecuentemente, supone un alto grado de abstracción que dificulta su comprensión. Célula como tal es un concepto científico y, como todos ellos, supone un conocimiento estructurado articulado en torno a teorías, a leyes, a principios que dan razón de ser de su significado, pero supone una entidad que no se puede verificar, que no se puede comprobar y que necesariamente se adquiere y se maneja desde el discurso, hecho este que, por otra parte, caracteriza al sistema educativo ya que el conocimiento se transmite y canaliza a través del mismo aunque sea bajo distintos formatos. Célula, pues, es un concepto científico extremadamente complejo que, a diferencia de otros ámbitos de la ciencia, no nos permite llevar a cabo comprobaciones y experimentaciones directas que avalen nuestra idea del mismo y que, por lo tanto, requiere para su comprensión, como todos ellos pero más, si cabe, en este caso, que se modelice para su comprensión, que se represente de alguna manera para captar la esencia de su significado, Y eso es lo que hace la mente humana como intermediarios o puentes para conseguir entender los conceptos y los fenómenos que se le presentan, captar algunos de los rasgos más relevantes y sobresalientes del mundo que se pone delante de ella simplificando esa realidad para aprehenderla. Eso es lo que ha hecho Carla en sus múltiples intentos por captar esa esencia misma de un concepto del que está ya cansada de hablar y oír hablar pero del que sólo ha seleccionado algunos de sus elementos con los que opera de diferentes maneras a lo largo del curso. Cuando lo comienza maneja sólo, amén de algunos conceptos generales que han quedado en sus archivos mentales, un conjunto de conceptos que sólo atienden a su estructura, lo que justifica la conclusión de que en este momento sólo piensa en la misma, no captando ni tan siquiera algunos indicios de su funcionamiento para el que solamente refiere vagas ideas. Cuando se le pregunta cómo representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, esta alumna responde:

“Nos imaginamos una célula como algo pequeño, más bien redonda (seguramente porque en nuestra mente está grabada alguna imagen de fotocopias o libros donde aparecen células) o no tanto, pero sí con una forma circular y con muchísimas funciones en el interior. Al dibujarla probablemente le haríamos un núcleo (aunque no todas las células lo tengan) y muchos de los diferentes orgánulos que tiene dentro (como mitocondrias, aparato de Golgi, vacuolas, etc). Lo haríamos así, puesto (que) ya conocemos las células porque las hemos estudiado”.

Seguramente, como dice, en nuestra mente está grabada alguna imagen pero ella no la exterioriza; tiene, como se comentaba, concebido algún modelo, alguna representación pero en este momento no la plasma gráficamente. Su funcionamiento es aún más difícil de plasmar gráficamente y ante esa demanda contesta:

“Sería muy difícil dibujar cómo funciona una célula porque cada orgánulo (por ejemplo) tiene una función diferente, y luego, en general, la célula realiza muchas otras diferentes”

Una idea de célula tiene y de su complejidad también, pero sólo hace descansar el comportamiento celular en el hecho de que realiza las funciones vitales, en que está dotada de vida; ¿qué estará asignando como significado a la etiqueta “vida”?

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Una célula debe ser físicamente una estructura muy compleja en cuyo interior se localizan los diferentes orgánulos dependiendo de si es vegetal o animal. Para funcionar como célula también debe ser muy complejo y relacionado con lo anterior, porque los orgánulos hacen funcionar la célula. Para ser célula es necesario lo primero que realice las tres funciones básicas: relación, nutrición y reproducción y, así, tener vida”.

En todo caso, y aunque sea de una manera muy intuitiva, esta estudiante en su cabeza tiene muy claro que la célula es algo más que su sustrato físico; maneja sólo elementos estructurales pero aún así tiene una vaga idea de la importancia de la sincronización de los diferentes procesos y, por lo tanto, de su propia existencia, lo que se desprende de su forma de explicar cómo cree que es ese funcionamiento celular.

“En la célula, cada molécula, orgánulo, tiene una determinada función que debe realizar en un tiempo determinado, como llevar mensajes, etc. y en ese tiempo debe cada cosa hacer lo establecido, porque puede ser muy importante para la siguiente función y desde el momento que algo falla, la célula no estaría igual”.

Cuando hace el examen de Origen de la Vida (18-11-96) nos encontramos ante un hecho curioso: no usa ni un solo concepto organular y con “agua” y “sales minerales” como conceptos moleculares difícilmente puede conceptualizar y construir la estructura celular; pero es más: tampoco usa conceptos metabólicos si bien recurre para comunicar el comportamiento celular, además de a funciones vitales, a algunos procesos de diferente naturaleza que tienen su razón de ser en los mecanismos de actuación de aquellas moléculas. Las frases que construye son personales y elaboradas, como autónomo es su uso de la información que maneja, pero articula con dificultad su discurso; podríamos pensar, pues, que su poder explicativo es limitado y así parece confirmarse de su exposición de célula.

“Es la unidad de vida capaz de realizar las funciones de nutrición, relación y reproducción de todo ser vivo”.

No es más que una simple y pobre definición de libro que no da cuenta de sus elementos fundamentales, de sus rasgos característicos,..., y que no nos dice mucho sobre su forma de concebirla, sobre su representación. Hemos de admitir, de cualquier manera, que sus formas de explicar sus respuestas ante otras preguntas más específicas (por ejemplo, sobre control del pH o papel del agua en los seres vivos) no son tan librescas y que en ellas Carla parece tener en su mente alguna idea de funcionamiento celular que, en todo caso, opera aisladamente y no apoyado en su estructura. De este modo, sus posibilidades ante preguntas caracterizadas por requerir razonamiento biológico, en las que tiene que aplicar los contenidos trabajados y, como es lógico, ejecutar su modelo, son bastante pobres; esta alumna no ha modelado en su mente una célula en acción que le permita comprender el sentido y la forma en la que se realizan esos procesos celulares y, consecuentemente, sus productos, los datos que nos aporta, adolecen de esa comprensión. Veamos un ejemplo.

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchan y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“En estado vivo las medusas son turgentes debido a que entre el agua del mar y el interior del animal se produce un fenómeno osmótico, o sea, la membrana exterior que presenta está actuando como semipermeable (o sea, selectiva al paso de determinadas sustancias) y, las concentraciones entre el interior y el exterior como son diferentes, el disolvente debe actuar hasta que las concentraciones se igualen. Cuando el animal muere ya no existe turgencia porque tampoco funciona la membrana como membrana semipermeable, porque no hay vida, y, si no existe el fenómeno osmótico tiende a arrugarse.

- *Hipótesis: Los fenómenos osmóticos se producen siempre en medios acuosos y con iguales condiciones. Me refiero a dentro del mar, por ejemplo, dos disoluciones y una membrana, también puede(n) haber dos disoluciones y una membrana fuera del agua.*
- *No sólo ocurren los fenómenos osmóticos en medios acuosos, porque en laboratorios químicos es posible ver dos disoluciones durante un proceso osmótico.*
- *Las condiciones no siempre son iguales, dado que la presión (presión osmótica) se determina dependiendo del volumen y la concentración del soluto y, la temperatura depende del lugar en que se produzca(n) el fenómeno y el momento”.*

La primera parte de la respuesta anterior tiene su cierta lógica pero en la segunda nos encontramos con un auténtico caos que no es más que fruto de la ausencia de comprensión ya comentada. En el examen de Glúcidos (9-12-96) Carla nuevamente da muestras de elaboración personal en las frases que construye que siguen demostrando una organización autónoma de la información que maneja, pero en esta ocasión, además, hay una mejor articulación del discurso que resulta ser coherente. Si observamos los conceptos que utiliza, echa mano de algunos organulares y moleculares y aparecen por primera vez los conceptos metabólicos en este registro, conceptos que usa con corrección, que aplica adecuadamente, lo que puede ser consecuencia de que ha adquirido comprensión con respecto a los mismos, de que ha generado un modelo mental más comprensivo al respecto que le permite ese modo de expresión y esas explicaciones sobre conceptos tan complejos como los expuestos. Veamos un ejemplo:

- Razona las respuestas :
 - *¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.*
 - *¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.*
 - *¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.*
 - *¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.*
- *“Un microorganismo anaerobio no utiliza las vías fermentativas mientras haya oxígeno, porque este proceso sintetiza únicamente dos ATP, que son los que provienen de la glucólisis; en cambio, si utiliza la respiración aerobia (puesto que hay oxígeno en el medio) obtendría al final de la cadena de procesos treinta y ocho ATP. Es una diferencia razonable.*
- *No se puede afirmar esto, porque tanto las células vegetales como las animales respiran; la fotosíntesis es un proceso en el que las células vegetales se alimentan, como lo hacen las células animales, y no durante las veinticuatro horas del día; en cambio, la respiración deben hacerlo continuamente.*
- *No se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo; el catabolismo es único así como catabolismo; las diferencias entre lo autótrofo y lo heterótrofo se realizan en el anabolismo; anabolismo autótrofo es la fotosíntesis y anabolismo heterótrofo la glucógenogénesis.*
- *La célula no podría funcionar, puesto que los glúcidos aportan energía que la célula necesita para realizar sus funciones. Además, la glucosa (por ejemplo) es el material energético de uso más inmediato”.*

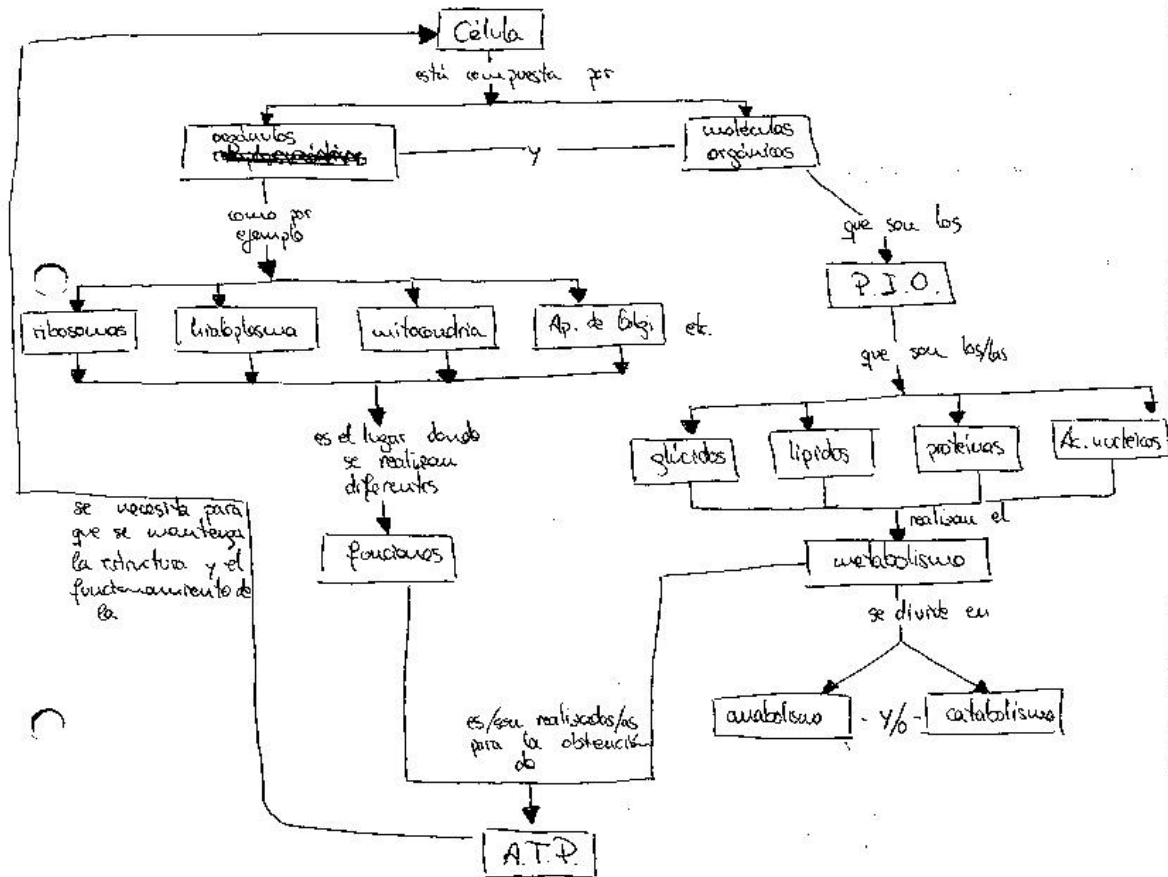
Podríamos pensar, pues, que efectivamente esta alumna en este momento construyó un modelo que responde a relaciones causa/efecto, que es global, integrado, un modelo mental categorizado como C, pero surgen ciertas dudas al respecto; la primera de ellas guarda relación con el hecho de que en el último apartado de la pregunta anterior, Carla no aborda la estructura celular, no da cuenta de ella, no le asigna ningún papel estructural a los glúcidos, lo que nos lleva a pensar que es posible que ese modelo que está detrás de este ejercicio como producción quizás no sea tan comprensivo, tan global, y que sea posible que esté pensando independientemente en la estructura y en el funcionamiento, que es lo que aborda en la cuestión anterior. Cabe añadir que, como dato que corrobora esta interpretación, sus deducciones e inferencias son elaboradas, lo que sería una consecuencia de un modelo integrado, único, pero sólo relativamente, lo que permite concluir que, en efecto, quizás nos encontremos en este momento ante un modelo mental de célula que está en el límite entre lo que es sólo dual y lo que es ya causal. Un dato de esa forma de razonar lo tenemos en lo siguiente:

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Las mujeres varían sus gustos durante la fase de ovulación porque hay un mayor gasto energético y, por tanto, ha de haber una mayor consumición de glúcidos, para reponer todo el que se haya perdido y tener la concentración de glucosa en la sangre equilibrada (un gramo por litro).

- *Hipótesis: “Las mujeres durante la ovulación, dado que tienen un mayor gasto energético, tienen mayor apetencia por alimentos dulces”.*
- *Podemos comprobarlo por investigaciones con mujeres en ovulación y mujeres que no y así ver si tienen algunas, más preferencias que otras”.*

No parece que nos hayamos equivocado al pensar que Carla opera con signos característicos de modelos duales si vemos que en realidad no entra en explicaciones causales sino superficialmente y debe ser ese esquema dual lo que ha ejecutado esta joven cuando hace su primer mapa conceptual (8-1-97); excepto “funciones”, la selección que ha hecho de los conceptos es adecuada, lo que ocurre es que los une con nexos muy simples y, como es lógico, esto da lugar a que las proposiciones resultantes sean poco significativas, informen poco del sentido real que ella le está asignando a esos conceptos y, también, supongan en términos biológicos significados pobres en su mente. La jerarquización que desarrolla es débil y, además, se observan algunos datos de interés como, por ejemplo, ausencia de conexión entre orgánulos y moléculas (¿no están formados por éstas?), ausencia de principios inmediatos inorgánicos o la obtención de ATP en procesos de anabolismo. Su comprensión evidentemente es parcial, limitada, no concibiendo la globalidad de lo que una célula es y representa; no parece creíble que detrás de este mapa como producto, como dato, Carla haya modelado en su mente una célula en acción que actuara como intermediaria ante esta tarea y da más la impresión de que opera independientemente con una célula-estructura (que no termina de comprender si nos damos cuenta de que no atribuye estructura molecular a los orgánulos que la constituyen) y con una célula-funcionamiento que también le resulta difícil de captar (si atendemos a que no advierte el sentido de los procesos anabólicos). La explicación que esta estudiante hace de su mapa conceptual corrobora la conclusión anterior.



"En la célula se encuentran los orgánulos como por ejemplo los ribosomas, aparato de Golgi, hialoplasma, mitocondrias, etc, que son los lugares donde se realizan distintas funciones. La célula también está compuesta por moléculas orgánicas o principios inmediatos orgánicos que son los glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos y proteínas que mediante su metabolismo (anabolismo y catabolismo) obtienen energía en forma de ATP. El lugar donde se realizan estas funciones viene determinado por la composición de dichas estructuras; y por composición me refiero a las moléculas orgánicas sobre todo. El ATP es el que se necesita para que la célula mantenga su estructura y su funcionamiento con lo que se cierra el ciclo. Dependiendo de qué principio inmediato orgánico estemos hablando se realizar(n) unas funciones o otras en el lugar apropiado".

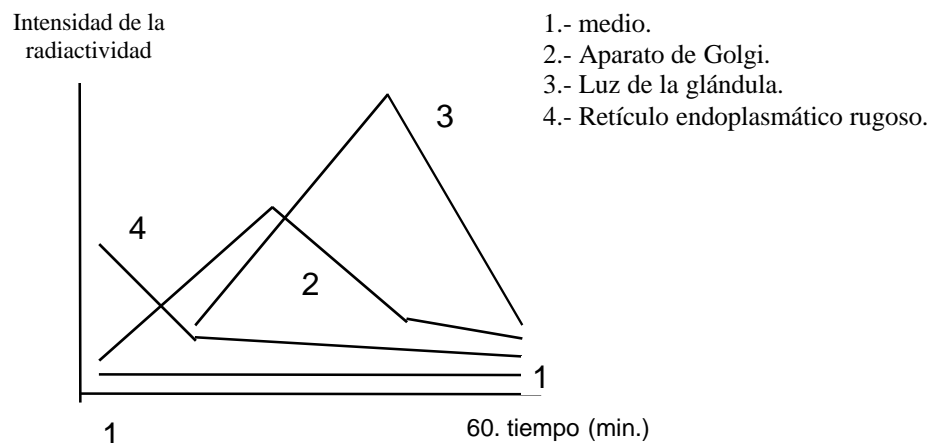
Se destaca en la explicación anterior el hincapié que hace en la dependencia entre moléculas y lo que hacen, la función que realizan, el lugar que ocupan; esto resulta relevante en esta alumna. Cuando nos enfrentamos a la interpretación del examen de Lípidos (26-2-97) nos encontramos ante la misma paradoja que ya surgió ante el examen de Glúcidos; tenemos indicios para pensar que Carla se mueve en el límite entre lo que es un doble esquema o nivel de atención a la entidad celular, según el cual echa mano bien de su subesquema, "submodelo", estructural, bien de su subesquema, "submodelo", funcional en función de la demanda; y lo que es un modelo más causal que genera en ella una comprensión global, integrada, y que la dota de un mayor poder explicativo, siendo esto último lo que se evidencia a través de sus frases, de sus formas de articularlas, de la manera de plasmar en ellas la información que utiliza, como signos de esa capacidad explicativa, y, también, de una mayor capacidad predictiva que le permite establecer mejores y más elaboradas deducciones e inferencias, si bien, en este caso, este extremo también es relativo. Su forma de explicar célula en esta ocasión es como sigue:

"La célula es una estructura organizada con moléculas orgánicas e inorgánicas. Además, contiene sustancias, como por ejemplo, lípidos, glúcidos, etc, que dan a la célula

diferentes características y funciones. Estas sustancias orgánicas se encuentran en los diferentes y numerosos orgánulos que están presentes en la célula. De esta forma cada orgánulo tiene unas características y funciones propias que lo caracterizan y, así, constituyen la estructura y el funcionamiento de la célula”.

¿Qué es lo que más llama la atención de lo anterior? ¡Ya Carla resolvió uno de los problemas que acabamos de ver en su primer mapa conceptual!: los orgánulos están constituidos por moléculas. Otro detalle de interés: las características y funciones de los orgánulos y de la célula, en general, se derivan de las características y funciones de sus moléculas constituyentes, algo que ya se vio en su explicación del mapa y que se comentó que era relevante pues, como vemos, es una idea que se repite. Podría admitirse en este momento y ante una explicación tan personal como la anterior que esta joven está construyendo en su mente un conjunto de entidades que están presentes en la célula (orgánulos y moléculas), al que le está añadiendo elementos, otro conjunto de propiedades y características de los mismos, como ella misma dice y que justifican en su opinión su comportamiento, y, aunque más tímidamente, un tercer conjunto en el que concibe y advierte las relaciones e interacciones que entre ellos se establecen para justificar el funcionamiento que le atribuye a esa estructura organizada a la que llama célula. Ante esto cabe, pues, pensar que efectivamente está “viendo” causalidad, tímida pero causalidad, y ello se ha entendido como una característica de un modelo mental C, como se decía, pero, y aquí la perplejidad, rotarlo supondría la capacidad de deducir y de correlacionar acertadamente en términos biológicos y, si bien hay indicios de ello ante preguntas similares, ante la siguiente cuestión:

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo. Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

no es eso lo que se observa, no podemos decir que su respuesta sea un ejemplo de ese alto poder predictivo que definiría un modelo causal, lo que nos lleva a pensar que puede estar otra vez en el límite entre ambas representaciones como sustrato del producto que nos presenta.

“Podemos observar en la gráfica que en el medio, la radiactividad no afecta para nada; durante sesenta minutos la radiactividad se mantiene constante.

A continuación observamos que al principio afecta al aparato de Golgi, pero la radiactividad desciende al aumentar el tiempo (pasados los treinta minutos).

Para el retículo endoplasmático rugoso vemos que comienza con una radiactividad media (no como en los otros que es baja) y luego desciende, cuando lleva aproximadamente quince minutos.

Observamos ahora la luz de la glándula y vemos que aumenta la radiactividad muchísimo y cuando lleva alrededor de los cuarenta y cinco minutos desciende considerablemente.

Como conclusión observamos que a quien menos afecta es al medio, luego al retículo endoplasmático rugoso, a continuación al aparato de Golgi y, por último a la luz de la glándula”.

Esa forma de pensar en la célula que está a caballo entre un esquema dual y otro integrado la hace recurrir en algunas ocasiones y decantarse ante ellas hacia el lado dual por insuficiencia de comprensión, como ocurre en el examen de Proteínas (14-3-97) en el que, como consecuencia de ello, recurre a repetir mecánicamente una información que no entiende. Como dato de esto obsérvese su respuesta ante la demanda de explicar qué le pasaría a la estructura y al funcionamiento celular si no existieran los enzimas.

“Los enzimas catalizadores tiene como objetivo unirse al sustrato y formar el complejo activado con lo que la energía de activación disminuye y la velocidad de la reacción química aumenta.

Los enzimas también tienen como función no elevar la temperatura para que se produzca un aumento de velocidad, o sea, que los enzimas mantienen la temperatura, porque de no ser la célula se quemaría debido a la temperatura tan elevada que habría debido a esa velocidad tan alta para producir más rápido los reactivos en productos. Gracias a estas enzimas el organismo no se quema.

Los enzimas forman un complejo con el sustrato denominado centro activo. En él hay gran cantidad de aminoácidos activados. La unión enzima-sustrato hace en muchas ocasiones que se activen algunos aminoácidos, paso esencial para que se produzca la acción enzimática”.

¡Carla pensó sólo en una célula-funcionamiento en este momento! Y no ejecutó, no echó mano de su submodelo estructural a pesar de que la pregunta lo requería, sencillamente no da cuenta de lo que se le pide y, además, muestra tener confusión en lo que al comportamiento enzimático se refiere, manifestando con ello una comprensión limitada de este funcionamiento celular del que se supone rotó su modelo en esta ocasión. En todo caso, es capaz, aunque con los mismos síntomas de repetición memorística, de razonar con cierta lógica, con ambigüedades biológicas pero con cierto hilo conductor en las deducciones que sigue. Veamos un ejemplo.

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 ° ; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.

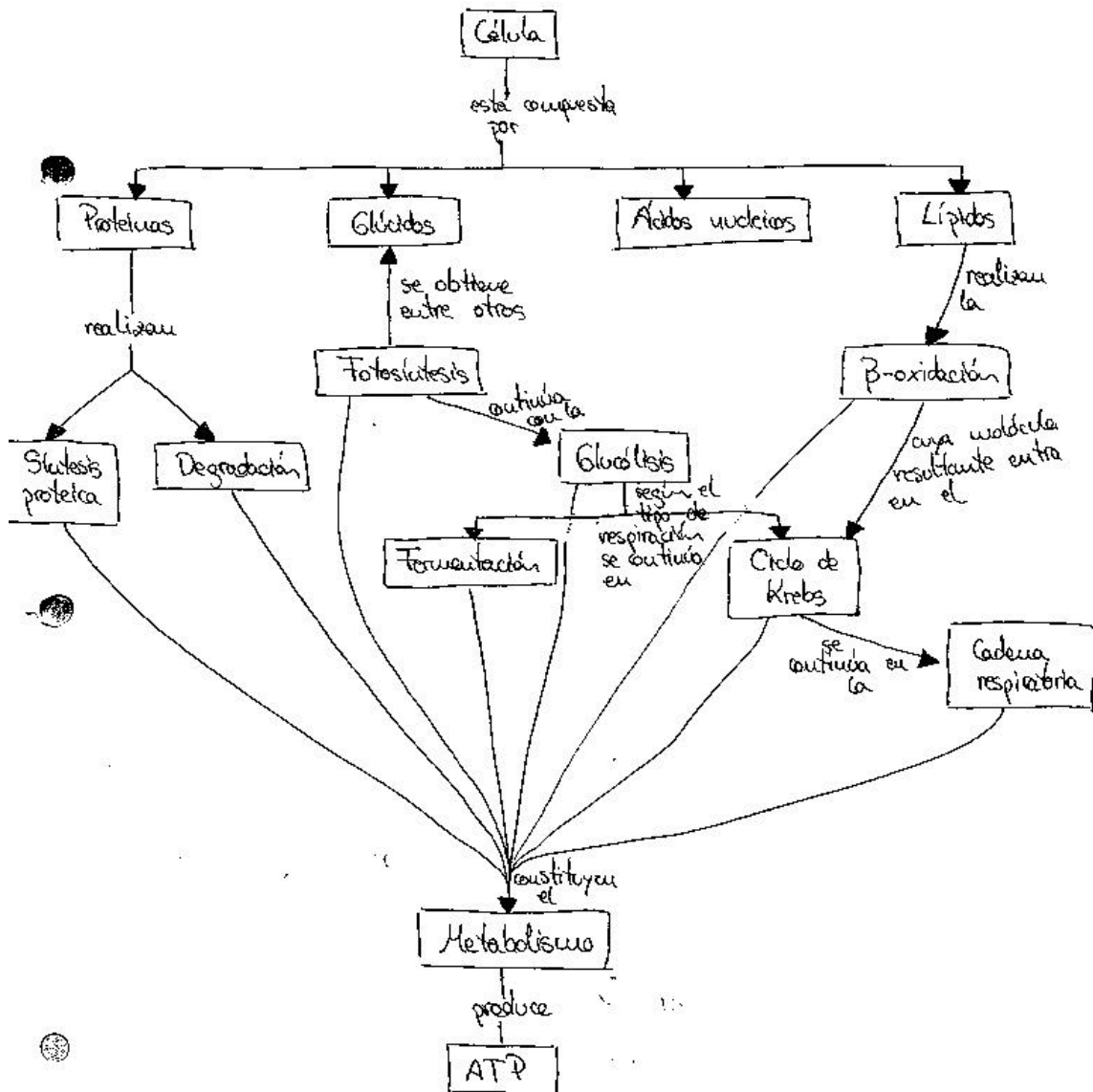
“Las células contienen en su interior enzimas que catalizan las reacciones, para que la reacción ocurra a una velocidad superior sin modificación alguna de la temperatura.

La glucosa es una molécula de reserva, o sea, no hay que (que) combustionarla al completo, porque se puede fragmentar. Podemos en un momento dado fragmentar un trozo de la glucosa y combustionarlo y, gracias a las enzimas que intervienen con su catálisis enzimática, el proceso ocurre a gran velocidad para que la temperatura en el organismo no exceda los 36°C.

En resumen, debido a estas formas, la glucosa se combustiona sin quemar a la célula ni al organismo; o sea, mediante la fragmentación de la glucosa en trozos y la intervención de enzimas catalíticos la glucosa se combustiona sin ningún problema.

- Hipótesis: "La combustión de la glucosa en el organismo se realiza a través de fragmentación de ésta en los trozos que el organismo vaya necesitando y con la acción de enzimas catalizadores".
- Podemos investigar mi hipótesis de forma experimental o sea, en primer lugar quemamos la glucosa y vemos que es necesario 200 ó 500°C para su combustión, y en segundo lugar, experimentamos fragmentando la glucosa en los trozos que podríamos necesitar nosotros y comprobáramos la temperatura a la que combustiona.
- Por otro lado experimentamos también la necesidad o no de enzimas catalíticos que aceleren la velocidad de reacción de la glucosa para que no aumente la temperatura".

Veamos su segundo mapa conceptual (2-4-97).



¿Qué información podemos extraer de su forma de pensar en el momento de hacerlo ante su observación? Los conceptos están bien seleccionados, tienen coherencia (recuérdese que se limitó en esta ocasión el número a quince), pero los nexos siguen

siendo simples y, claro está, dan poca información sobre el significado real que Carla les atribuye, lo que se plasma, como consecuencia, en proposiciones que tienen, a su vez, poco significado biológico. La jerarquización es coherente, sobre todo si tenemos en cuenta que se destacan las moléculas en un primer nivel y a continuación las reacciones en las que intervienen como consecuencia de sus propiedades y características, lo que ya comentamos que Carla comenzaba a “ver” cuando explicó su célula en el examen de Lípidos. Pero ¿qué pasa con la estructura celular? ¿pensó en ella? A juzgar por el mapa en sí, bastante poco lo que nos lleva a concluir que generó un modelo dual, pero ella tiene una explicación al respecto.

“La célula está compuesta por los diferentes principios inmediatos orgánicos (glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos y proteínas), que dan estructura a la célula. Dentro de célula considero implícitos a todos los orgánulos que no me pareció necesario poner este concepto teniendo el concepto de célula. El metabolismo está constituido por los procesos que realizan los diferentes principios inmediatos orgánicos, en los que, en alguna ocasión, se relacionan. Este metabolismo no sólo produce ATP, sino que también consume ATP para que se realice; a pesar de esto, se obtiene más del que se gasta, porque si no, no tendría sentido realizar todo este proceso.

Me parece importante decir que he puesto dos palabras dentro de un mismo concepto, porque de no ser así, en algunas ocasiones no habría ningún sentido.

La jerarquía de los procesos es relativa; hay algunos que podrían estar más arriba o más abajo, dependiendo de la forma en que se mire. En este caso, se encuentra por ejemplo el ATP. El concepto de b-oxidación considero ahora que ése no es el nivel adecuado, sino que debería encontrarse un poco más abajo, pero sin pasar al concepto de ciclo de Krebs”.

No sólo nos explica por qué no están los orgánulos presentes en el mapa conceptual sino que nos confirma y corrobora nuestra interpretación, ya que manifiesta algunas confusiones que son producto de una comprensión parcial y, efectivamente, piensa en elementos por un lado y en procesos por otro, si bien es cierto que hay indicios de interconexión. ¿Qué pasa por la cabeza de Carla cuando hace el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97)? ¿Mantiene esta idea que se deriva de su segundo mapa? ¿Representa alguna célula? Sí, no tiene más remedio que hacerlo como análogo estructural que le permita responder a lo que se le pide, al papel de los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento celular, porque la célula es un mundo que no se puede aprehender directamente, ¡que ni siquiera se ve!, lo que nos lleva a intentar modelarlo como puente para poder responder. ¿Y qué responde? La representación de Carla en este momento es parcial, limitada en la capacidad explicativa de la que la dota, ejecutando a distintos niveles “su” célula-funcionamiento y “su” célula-estructura, ambos, es cierto, pero por separado, como puede desprenderse de su contestación.

“El funcionamiento de la célula depende en gran medida de los ácidos nucleicos, puesto que, por ejemplo el ADN interviene en todos los procesos relacionados con reproducción y genética y sus funciones son las funciones de los ácidos nucleicos, como por ejemplo: el ADN es el contenido de los genes y para que la célula pueda utilizarlo debe, por un lado, transcribir dicha información a un gen de los ribosomas y, por otro lado, transcribir dicha información genética contenida en los genes; además el ADN es capaz de autoduplicarse para que cada célula hija posea la misma información genética que la célula madre.

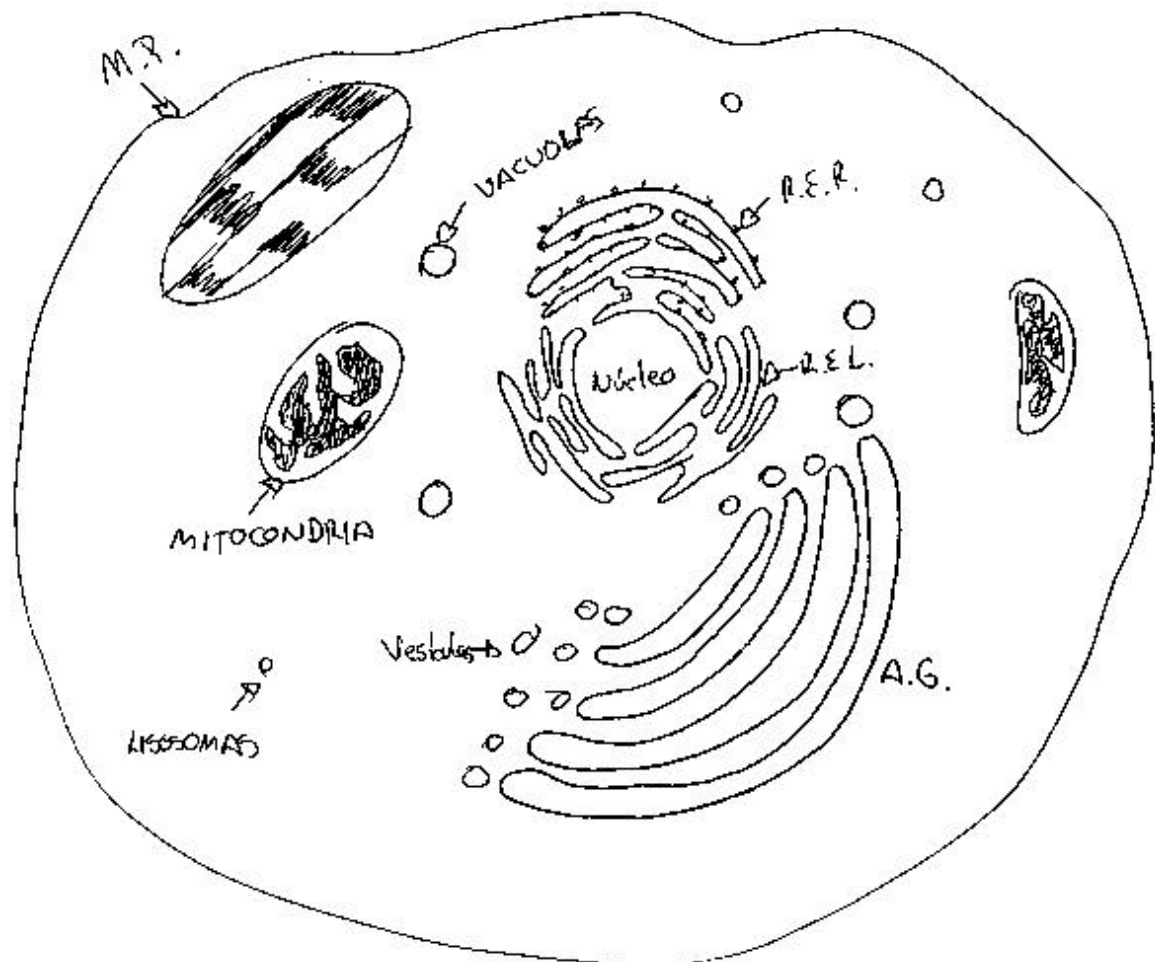
No sólo el funcionamiento depende de los ácidos nucleicos, también la estructura, porque entre otros principios inmediatos orgánicos, los ácidos nucleicos forman parte de distintas estructuras celulares”.

Y un modelo dual como el que parece haber construido Cristina, un modelo que echa mano bien de estructuras, bien de comportamiento, lleva aparejada como

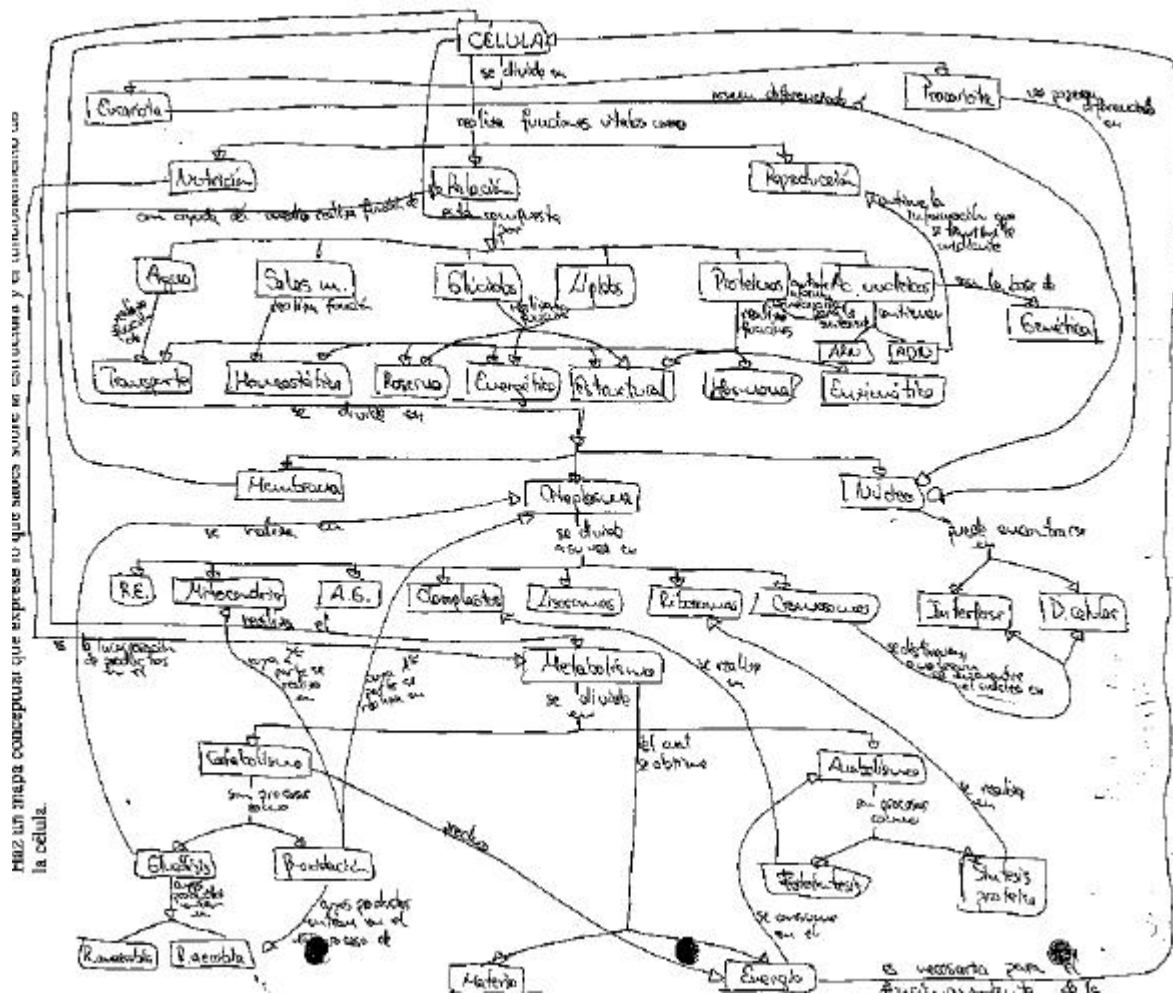
consecuencia una idea de funcionamiento-suma de la célula, según la cual se piensa en el catálogo de elementos y en la lista, también, de lo que éstos hacen en la misma. Esa impresión se capta de su forma de interpretar el símil que se le presenta de una célula para que explique en qué medida refleja su estructura y su funcionamiento (12-5-97).

“La membrana es el paso de sustancia (intercambio) entre el interior y el exterior, de molécula(s) de diferentes tamaño(s). El núcleo es desde donde se dirige toda la célula; comparándola con el organismo yo diría que es como nuestro cerebro, que manda información y respuestas a todo el organismo. El núcleo se relaciona con el retículo endoplasmático rugoso y sus ribosomas adosados, porque allí se organiza la información para que el retículo endoplasmático liso la disperse por los lugares de la célula donde se encuentre, esto es el transporte de proteínas. A continuación hablamos de las vacuolas, éstas sirven de almacén a sustancias útiles, e inútiles que la célula debe expulsar. La mitocondria es la sede, es la fábrica de sustancias necesarias para la célula. Las vacuolas digestivas y los lisosomas son los más trabajadores, o sea, son los que se llevan el trabajo bruto de la digestión y otras funciones”.

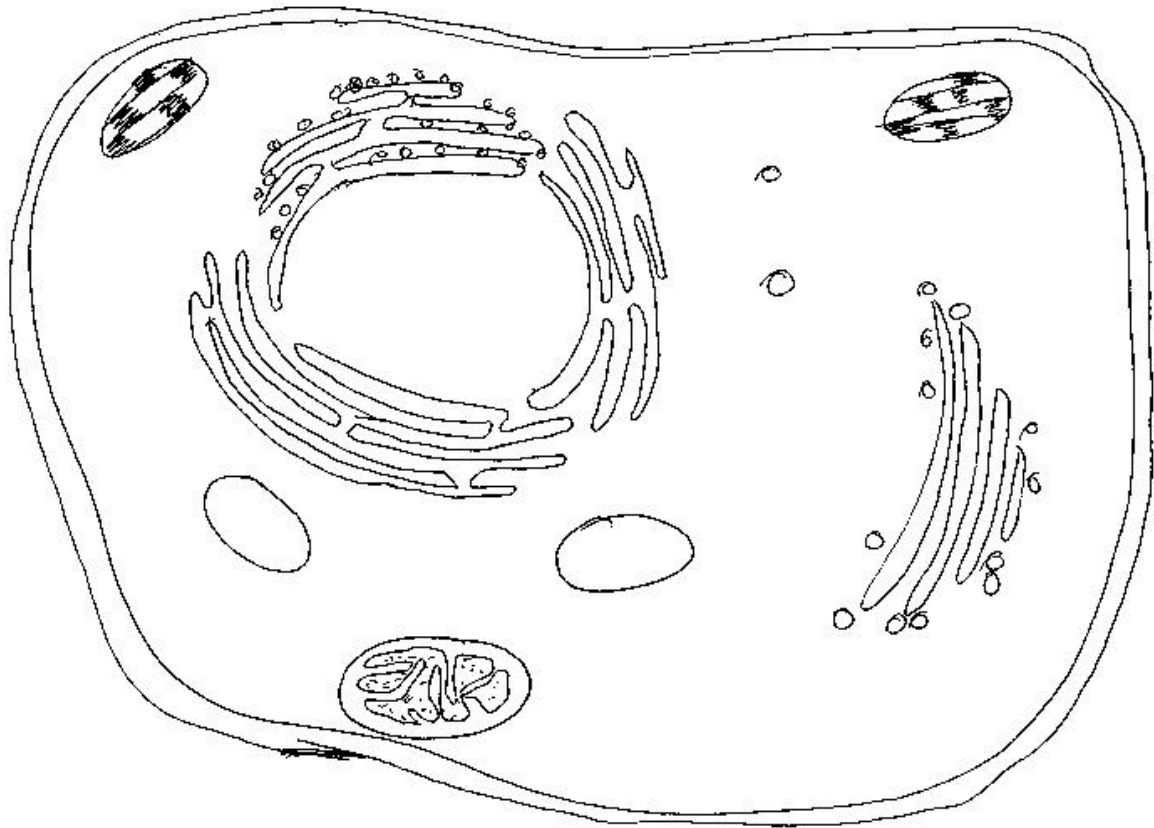
¿Y qué pasa cuando le pedimos lo mismo pero a través de un dibujo (16-5-97)? ¡Carla no puede con el funcionamiento! y así lo confiesa, no lo imagina, no lo visualiza, no lo modela en su cabeza y sólo recurre a ejecutar su único modelo sólo estructural en este momento. El diseño que nos presenta atiende únicamente a elementos estructurales y no incorpora nada relativo al más mínimo comportamiento característico de una célula.



El tercer mapa conceptual (19-5-97) supone una sorpresa hasta para ella misma; se siente orgullosa de él y le gusta. Y hay que reconocer que se observa una diferencia importante con respecto a los anteriores. Otra vez aquí, ante este producto, se tiene la impresión de que Carla se mueve cuando construye su modelo en el límite entre un esquema dual o algo bastante más explicativo y predictivo, más causal, más comprensivo; destaca nuevamente las propiedades y características de las moléculas como condicionantes de los orgánulos y estructuras que conforman y de los procesos que en ellos ocurren y se observan algunas relaciones cruzadas que, como es lógico, plasman conexiones e interrelaciones entre elementos y/o procesos. Carla ha ampliado sustancialmente los elementos, “tokens”, de los tres conjuntos que articulan su modelo mental, a saber: entidades (orgánulos y moléculas), propiedades y características (de los mismos –que a la vista están-) y relaciones e interacciones (que plasma con esas relaciones que ya se han comentado) y lo ha hecho en términos significativos desde el punto de vista de su aprendizaje, lo que se deriva de las relaciones explicativas que genera cargadas de significado biológico, un significado que ella también debe haberle atribuido en su representación.



¿Cómo es posible, si fue esto lo que hizo ante esta demanda, que en el cuestionario final (28-5-97), cuando se le pide cómo representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, haga lo siguiente?



Dibuja, eso es cierto, que al principio de curso no lo hacía, lo que nos da pie para pensar que, aunque sea tan simple como esto, alguna visión genera en su mente sobre esta entidad; de hecho, el diseño no es muy distinto al que hiciera pocos días atrás. Pero su célula no es sólo eso, su modelo en este momento la dota de algo más que esta simple visión (¿huevo frito?) y le posibilita poder explicativo y poder predictivo, la deja modelar tímidamente esta entidad que constituye la unidad de vida, lo que pasa es que no es capaz de dibujarla sino en términos estructurales.

- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
- *“Estructura ordenada y, por ello, genera entropía a su alrededor.*
- *Compuesta de numerosos orgánulos.*
- *Cuya composición química es de principios inmediatos orgánicos y principios inmediatos inorgánicos”.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- *“Todo lo que sea algo vivo realiza las tres funciones vitales.*
- *Los orgánulos realizan el metabolismo de la célula mediante funciones relacionadas.*
- *Los principios inmediatos orgánicos e inorgánicos le confieren determinadas propiedades a la célula que influyen en el funcionamiento de la misma”.*
- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?

“No soy capaz de dibujar el funcionamiento de una célula”.

¿Pero cómo explica esta alumna ese funcionamiento? ¿Cómo cree que es? En su brevísima respuesta insiste en algo que ya hemos advertido y comentado: la influencia de la composición química en la estructura y en el comportamiento celular.

“La célula en su interior tiene numerosos orgánulos, cada uno con la capacidad de realizar parte del metabolismo, entre todos realizan el funcionamiento de la célula influidos por la composición química de la célula”.

Carla muestra en este cuestionario un discurso más pobre, más simple, recurriendo a frases sueltas y, también, un limitado proceso de razonamiento biológico para el que no rescata en esta ocasión lo que registros anteriores indicaban que sabe, que conoce, que comprende significativamente. La siguiente pregunta puede ser un ejemplo de ello.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?
- a: *“Para que algo sea una célula debe, ante todo, estar vivo. Debe tener una estructura con orgánulos y deben esos orgánulos relacionarse y realizar el metabolismo.*
- b: *Le hace(n) falta tener citoplasma en el que se encuentran inmersos otros orgánulos, una membrana que guarde el contenido y puede tener un núcleo.*
- c: *Le faltaría una composición química que influya en el funcionamiento de la célula”.*

¿Cómo es la imagen que genera en su mente ante la demanda de describirla, en la entrevista que se le hace al acabar el curso (10-6-97)? ¿La de los libros!, la de siempre. Veamos cómo lo expresa.

ML : nosotros desordenando todo, ésa es la imagen ; ¡ah ! ¿”Célula” ?

Carla : ¡jem ! la de los libros.

ML : la de los libros, descefbemela.

Carla : *así en principio, o sea, nnnni redonda ni cuadrada, puede ser de cualquier forma, con todos los orgánulos dentro,*

ML : ¿qué ves ? dime qué vas viendo.

Carla : *los de orgánulos, es que tengo la, la imagen de la, de la del AKAL que es el que tengo yo y que siempreee ... no sé, me gusta.*

ML : la imagen de la célula del AKAL ; ¿es una imagen fija ?

Carla : *..., no, no es la única ¿sabes ? también está ..., porque ésa es, es cuadrada, después está la redonda, no sé.*

ML : ¿pero es una imagen que tienen movimiento o que no tiene movimiento ?

Carla : *no, no tiene movimiento.*

ML : no tiene movimiento. “Catabolismo” ¿qué imagen te sugiere ?

Se utiliza en dicha entrevista como recurso para comparar la representación mental una foto de microscopía electrónica que, además, se pide que se interprete, con objeto de observar el proceso deductivo que se sigue. La foto no se parece a la imagen que Carla describió, la suya tiene un elemento de cada y así fue como ya nos la dibujó en un par de ocasiones.

ML : bien. Estábamos ... hablando de imágenes ¿verdad ?

Carla : *sí.*

ML : ... ¿Esto es una imagen, Carla ?

Carla : *sí.*

ML : esto es una imagen.

Carla : *sí. ¡mj !*

ML : representa algo, entonces.

Carla : *¡mj !*

ML : ¿qué crees que representa ?

Carla : *... células.*

ML : células. ¿Esta imagen se parece a la imagen que me describiste antes ?

Carla : *no.*

ML : no ¿no ? ¡ay ! ¡la sorpresa !

Carla : no.
ML : ¿esta imagen puede ser real ?
Carla : sí.
ML : sí ; ¿por qué puede ser real ?
Carla : ..., ..., ..., no sé ... ¿sabes ? Veo una cel, veo células, no sé.
ML : ves células.
Carla : sí.
ML : bien ; volvemos otra vez a comparar ...
Carla : los orgánulos.
ML : ves orgánulos ; volvemos otra vez a comparar esta imagen, tú me dices que es una imagen.
Carla : ¡mj !
ML : comparamos esta imagen con tu imagen y me dices qué diferencias hay.
Carla : ... ¡todo ! ¡jajajaj ! no, todo no, bueno hay orgánulos, no sé.
ML : ¿en la tuya no había orgánulos ?
Carla : sí, sí había, eso es lo que, en lo que se asemejan.
ML : se asemejan en que en las dos hay orgánulos.
Carla : ¡mj ! pero, por ejemplo, la mía estaba definida.
ML : ¿a qué te refieres ?
Carla : bien definida ... un dibujo, no uuunnna imagen real.
ML : un dibujo, no una imagen real. ¿A qué te refieres con “bien definida” ?
Carla : pues así, o sea, sola uuunn, una pared que laaa o una membrana que la ... no sé.
ML : ¿que la delimita ?
Carla : que la delimita y está.
ML : sí.
Carla : así, sola, única ¿sabes ? no unida a otras.
ML : no unida a otras ; ¿y en el interior no hay diferencias entre tu modelo y este modelo ?
Carla : ¡tch ! ¡hombre ! no es igual ¡jeje ! ... ¿sabes ? a lo mejor ¡mmm ! yo veo sólo una mitocondria y uno de cada orgánulo y aquí hay más o

Y ya en registros anteriores nos dijo que no puede plasmar gráficamente el funcionamiento celular, no puede modelarlo en su cabeza, no lo percibe; en el siguiente extracto Carla nos lo confiesa, pero, además, nos da pie para pensar que efectivamente utiliza “su” célula-estructura y, por separado, rescata lo que ha trabajado sobre “su” célula-funcionamiento.

ML : tiene semejanzas. ¿Qué te hace decir, qué es lo que tú puedes saber para que me digas esto es un Golgi o esto es una mitocondria ?
Carla : ¿el qué ?
ML : ¿qué puedes saber ?
Carla : la forma.
ML : la forma.
Carla : le asemejas la forma que tienes en la, en la, en la mente con la que está ahí.
ML : ¡aja ! o sea que a la hora de interpretar o de deducir estás utilizando más lo que son estructuras.[...]
Carla : sí
ML : a través de tu imagen o de tu modelo, de tu modelo. A la hora de interpretar me has dicho cosas distintas o más cosas que las que me decías cuando describías tu modelo. ¿Es que la imagen que describiste antes ... es sólo una parte de tu modelo de célula?
Carla : ..., ... no sé, es, ése es el modelo de célula que yo tengo.
ML : ése es el modelo de célula que tú tienes.
Carla : sí.
ML : el que me describiste antes.
Carla : sí.
ML : ¡ya ! y es el que estás aplicando ahora.
Carla : sí.
ML : ¡aja ! ¡aaahhh ! pero tú me decías que son imágenes fijas ; si yo te dijera, si yo te dijera ¡aaahhh ! ¿de qué manera gráfica reflejarías el funcionamiento de una célula ?
Carla : no podría.

ML : no puedes, ... no puedes reflejar de manera gráfica el funcionamiento de una célula. ... ¡Aaahhh! Cuando oyes hablar de cómo funciona una célula, no te surge ninguna percepción de imagen.

Carla : *una imagen así, un dibujo unnn, no.*

ML : alguna forma gráfica.

Carla : *no.*

ML : puede ser alguna otra forma gráfica. Cuando hablamos, entonces, de funcionamiento de la célula ¿qué percepciones tienes ?

Carla : *... no tengo percepciones ¿sabes ? ¡mmm ! ... me, me imaginoo lo que, lo que yo me he estudiado pero de forma teo, teórica.*

ML : te imaginas lo que.

Carla : *o sea, no me lo imagino sino ... pienso ... me dicen : metabolismo, pues pienso lo que hemos estudiado ¿sabes ? pas, los procesos seguidos uno a otro pero no en forma gráfica sino todo teórico.*

Podríamos pensar ante lo anterior y cuestionarnos si, como estamos defendiendo, construyó una célula-funcionamiento que a juzgar por este fragmento es discutible, pero si revisamos sus producciones y atendemos a lo que nos dice en su conjunto , no parece haber ningún género de duda; Carla tiene una estructura en su cabeza que es algo más, algo complejo, un conjunto de cosas que se relaciona.

Carla : *sí ... eeennn cómo funciona una célula ¿sabes ? yo al principio no pensaba que fuera tan, tan complejo.*

ML : tan complejo.

Carla : *que realizara tantas funciones ni, ni que estuvieran, por ejemplo, los orgánulos relacionados unos con otros para realizar ... sus funciones, para que al, al, en conjunto se realizara el, el metabolismo.*

Carla amplió su conocimiento sobre la célula a lo largo del curso y de eso no parece haber ningún género de dudas y para ello fue generando un conjunto de representaciones que actuaron como intermediarias en su mente para captar la realidad celular que se le presentaba, una serie de análogos estructurales de la misma que le fueron útiles y que se fueron modificando en la medida en que incorporaba esa nueva información que los reestructuraba. Comenzó el curso con un modelo muy básico, sólo estructural y lo terminó, a juzgar por sus producciones y verbalizaciones, con un modelo mental dual, modelo mental B, que incorpora no sólo sus elementos estructurales sino también su comportamiento, su forma de actuar, aunque sea independientemente de aquéllos; pero a lo largo de ese proceso construyó modelos que eran algo más explicativos, más causales, más comprensivos, más biológicos. ¿Por qué su proceso cognitivo no siguió por este camino y se quedó sólo en la frontera y sólo en algunas ocasiones? Porque Carla no pudo modelar una célula en acción, porque no captó toda su esencia, todo su significado, no generó, por tanto, todo el sentido de célula como concepto científico, abstracto, estructurado, como tal contenido; todo ello requiere un modelo mental igualmente complejo, abstracto, estructurado que facilite esa comprensión y, con ello, manifieste poder explicativo y predictivo. Carla generó, eso sí, comprensiones parciales, como parcial es el modelo que construyó como análogo estructural de algo, un mundo, que nunca vio ni verá, pero que, sin embargo, y aunque sea parcialmente, puede comprender a través de o con el concurso de dicho modelo dual o B de la célula que percibió y que concibió.

ANEXO N° 28:

ANDREA

NOMBRE: Andrea

CURSO: COU B

FECHA: 20-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, ser vivo, vida, núcleo, información genética, citoplasma, orgánulos, funciones vitales, energía, nutrientes, respiración celular, ácido nucleico, membrana nuclear, membrana citoplasmática, mitocondria, orgánulo de Golgi, ribosomas, lisosomas, ósmosis, ATP.	Célula, vida, complejidad, seres vivos, orgánulos, membrana, núcleo, funciones vitales, ADN, ARN, mitocondria, retículo endoplasmático, principios inmediatos, transporte, materia, metabolismo, energía, hialoplasma.	17-8-98: Célula, funciones vitales, organismo, entropía, vida, reproducción, relación, energía, metabolismo, principios inmediatos, seres vivos, reacciones químicas, glúcidos, lípidos, proteínas, gametos, ADN, ósmosis, sales minerales, agua, orgánulos, membrana, núcleo, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuolas, mitocondrias, hialoplasma, glucolisis, glucógenogénesis, cromatina, cloroplastos, catabolismo, anabolismo.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg. 6: muy autónoma y coherente)	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (3º) (¡muy pobre y limitado!) No uso (1º y 2º)	Uso (1º y 3º) No uso (2º)	<ul style="list-style-type: none"> Glúcido: azúcar en terrones. Proteína: estructura cuaternaria (dibujos de Susi). Ácido nucleico: ADN (libros). Energía: el dibujo de la célula con orgánulos. Célula: dibujo, como su póster, todo organizado; imagen fija. Catabolismo: procesos en la mitocondria. Meiosis: dibujos del libro. Reproducción: igual a lo anterior, gametos. Ser vivo: animales. Nutrición: una persona comiendo. Relación: personas hablando.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Elaboradas	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	No se detectan	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- Pág. 5: su imagen no se parece a la foto de M.E.; su modelo tiene formas características, determinadas, teóricas. "Tampoco es que sea muy, muy, muy distinto pero...".
- Pág. 6 A: no tiene modelo para explicar el funcionamiento; se imagina los procesos por separado -¡suma!- va conectando todos los orgánulos pero todos los procesos juntos no. Pero puede organizar una conferencia de funcionamiento articulada en función del metabolismo. Cuando se imagina una célula ve toda la estructura de golpe, pero no ve todos los procesos de golpe.
- Pág. 8 A: nota hecha al transcribir: ¡OJO! Elementos fundamentales y dos conjuntos: procesos y orgánulos; me suena a conjunto de entidades físicas, conjunto de propiedades de las entidades y conjunto de relaciones -éstas últimas serían las interacciones, o sea, lo que encaja.

NOMBRE: Andrea

CURSO: COU B

FECHA: 20-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Energía protón-motriz, alcohólica, láctica, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, fermentación, NADH, ácido pirúvico, ciclo de Calvin, luz, CO ₂ , fotosistema II, fotosistema I, glucólisis, fotosíntesis, neoglucogénesis, glucosa, ATP, célula, núcleo, citoplasma, orgánulos, citosol, citoesqueleto, mitocondria, aparato de Golgi, cloroplasto (sólo en células vegetales), ribosomas, vacuolas.	Funciones vitales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP, célula, retículo endoplasmático, cloroplasto, mitocondria, aparato de Golgi, núcleo, membrana plasmática, citoplasma, metabolismo.	Célula, ATP, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, agua, sales minerales, núcleo, ribosomas, vacuola, mitocondria, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, fermentación, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, glucólisis, lipólisis, transaminación, β -oxidación, fotosíntesis.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: energía ..., NADH, glucosa, adjetivos, etc)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas (algunas son significativas pero hay cuatro o cinco sin sentido)	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Débil (Ej: funciones vitales, muy abajo)	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Andrea

CURSO: COU B

FECHA: 20-2-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, proteínas, núcleo, regulación, célula, ADN, ARN, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuola, mitocondria, metabolismo, lisosomas.	Célula, materia, vida, membrana, metabolismo, sales minerales, funciones vitales, procariota, eucariota, animales, vegetales, ósmosis, ser vivo, reacciones químicas, agua, organismos, nutrientes.	Energía, células, reacciones químicas, catabolismo, anabolismo, cloroplasto, vegetales, fotosíntesis, respiración, animales, heterótrofo, autótrofo, glúcidos, glucólisis, hialoplasma, enzimas, mitocondria, membrana mitocondrial externa, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, cresta mitocondrial, fotolisis, fotofosforilación, ciclo de Calvin, citosol, proteínas, funciones vitales, nutrientes, metabolismo, lípidos, monosacárido, organismo.	Ser vivo, autonomía, célula, orgánulos, lípidos, membranas, mitocondrias, animales, vegetales, proceso catabólico, ciclo de Krebs, citosol, β -oxidación, eucariotas, dictiosomas, vesículas, lisosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, permeabilidad, transporte, proteínas, crestas mitocondriales, ribosomas, aminoácido, membranas plasmáticas, ácido graso, ATP, agua.	Aminoácidos, energía, catabolismo, proteínas, célula, nutrientes, membranas, cilios, flagelos, ribosomas, reacciones químicas, holoproteínas, holoenzimas, apoenzimas, enzima, vida, metabolismo, seres vivos, transcripción, traducción, núcleo, eucariota, ARN, gen, cromátida, cromatina, ADN, codón, fotosíntesis, vegetales, metabolitos, ciclo de Krebs, mitocondria, anticodones, síntesis de proteínas, sistema inmune, antígeno, anticuerpos, linfocitos, fagocitos, inmunidad, inhibidor, respiración, funciones vitales, agua, glucogénesis, ARN transferente, ARN mensajero, organismo.	Cromosomas, célula, meiosis, profase, paquiteno, variabilidad, ciclo vital, genotipo, ADN, ARN, vida, actividad metabólica, proteínas, crecimiento, autoduplicación, transcripción, traducción, núcleo, interfase, mitosis, citocinesis, envoltura nuclear, nucleoplasma, citoplasma, nucleolo, huso mitótico, centriolos, metafase, cinetócoros, anafase, cromátida, telofase, nucleótido, animales, vegetales, pared celular, vesículas, aparato de Golgi, diferenciación celular, información, metabolitos, metabolismo, ácidos nucleicos, genes, locus, homocigóticos, heterocigóticos, fenotipo, microtúbulos, centrosoma.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	De libro	De libro	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases cortas)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación (¡ojo! Simple en pcd)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	No establecimiento (¡pura ilógica en pcd!)	Pobres (Ej: pag. 6: ¡ojo! Incorrecta pero con cierta lógica)	Pobres	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> en respiración celular: partir maderas y quemarlas poco a poco: "La llama durará mucho más tiempo con lo cual la energía está mucho mejor administrada". 	No se detectan

NOMBRE: Andrea

CURSO: COU B

FECHA: 20-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> no hace 1º y 2º dibujo. Mitocondria, ácido nucleico, ADN, ARN, núcleo, órgano de Golgi, lisosoma, mitocondria.	<ul style="list-style-type: none"> no nobra nada en el 1º dibujo. No hace el 2º dibujo. Núcleo, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondria, vacuola, glioxisoma, cloroplasto.	Principios inmediatos, fermentación, glucolisis, lipolisis, transaminación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, ATP, luz, digestión, vacuola, aminoácidos, ribosoma, ARN transferente, ARN mensajero, núcleo, ADN, retículo endoplasmático.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡y si acaso!)	De libro	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (¡y muy pobre y limitada!; no plasma voluntariamente. "Según el esquema mental que tuviésemos de una célula")	Identificación (sobre todo en el 2º; el primero no tiene identificación ninguna.) ("no podría dibujar cómo funciona ya que es una serie de procesos muy complejos los que se producen en ella")	Identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y algunas notaciones no verbales (usa flechas para señalar continuidad en los procesos pero curiosamente, no identifica orgánulos ni estructuras) (decía en el cuestionario que era imposible) (¡OJO! EL DIBUJO FUE ANTERIOR EN FECHA AL CUESTIONARIO FINAL)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simple-estático	Simple-estático (¡muy simple!)	Complejo-dinámico

NOMBRE: Andrea

CURSO: COU B

FECHA: 20-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Célula, ser vivo, vida, núcleo, información genética, citoplasma, orgánulos, funciones vitales, energía, nutrientes, respiración celular, ácido nucleico, membrana nuclear, membrana citoplasmática, mitocondria, orgánulo de Golgi, ribosomas, lisosomas, ósmosis, ATP.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, materia, vida, membrana, metabolismo, sales minerales, funciones vitales, procarionota, eucarionota, animales, vegetales, ósmosis, ser vivo, reacciones químicas, agua, organismos, nutrientes.
ex. GLUC. 9/12/96	Energía, células, reacciones químicas, catabolismo, anabolismo, cloroplasto, vegetales, fotosíntesis, respiración, animales, heterótrofo, autótrofo, glúcidos, glucólisis, hialoplasma, enzimas, mitocondria, membrana mitocondrial externa, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, cresta mitocondrial, fotólisis, fotofosforilación, ciclo de Calvin, citosol, proteínas, funciones vitales, nutrientes, metabolismo, lípidos, monosacárido, organismo.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Energía protón-motriz, alcohólica, láctica, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, fermentación, NADH, ácido pirúvico, ciclo de Calvin, luz, CO ₂ , fotosistema II, fotosistema I, glucólisis, fotosíntesis, neoglucogénesis, glucosa, ATP, célula, núcleo, citoplasma, orgánulos, citosol, citoesqueleto, mitocondria, aparato de Golgi, cloroplasto (sólo en células vegetales), ribosomas, vacuolas.
ex. LÍP. 26/2/97	Ser vivo, autonomía, célula, orgánulos, lípidos, membranas, mitocondrias, animales, vegetales, proceso catabólico, ciclo de Krebs, citosol, β -oxidación, eucariotas, dictiosomas, vesículas, lisosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, permeabilidad, transporte, proteínas, crestas mitocondriales, ribosomas, aminoácido, membranas plasmáticas, ácido graso, ATP, agua.
ex. PROT. 14/3/97	Aminoácidos, energía, catabolismo, proteínas, célula, nutrientes, membranas, cilios, flagelos, ribosomas, reacciones químicas, holoproteínas, holoenzimas, apoenzimas, enzima, vida, metabolismo, seres vivos, transcripción, traducción, núcleo, eucariota, ARN, gen, cromátida, cromatina, ADN, codón, fotosíntesis, vegetales, metabolitos, ciclo de Krebs, mitocondria, anticodones, síntesis de proteínas, sistema inmune, antígeno, anticuerpos, linfocitos, fagocitos, inmunidad, inhibidor, respiración, funciones vitales, agua, glucogénesis, ARN transferente, ARN mensajero, organismo.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Funciones vitales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP, célula, retículo endoplasmático, cloroplasto, mitocondria, aparato de Golgi, núcleo, membrana plasmática, citoplasma, metabolismo.
ex. AN. 12/5/97	Cromosomas, célula, meiosis, profase, paquiteno, variabilidad, ciclo vital, genotipo, ADN, ARN, vida, actividad metabólica, proteínas, crecimiento, autoduplicación, transcripción, traducción, núcleo, interfase, mitosis, citocinesis, envoltura nuclear, nucleoplasma, citoplasma, nucleolo, huso mitótico, centriolos, metafase, cinetócoros, anafase, cromátida, telofase, nucleótido, animales, vegetales, pared celular, vesículas, aparato de Golgi, diferenciación celular, información, metabolitos, metabolismo, ácidos nucleicos, genes, locus, homocigóticos, heterocigóticos, fenotipo, microtúbulos, centrosoma.
Símil de la fábrica 12/5/97	Membrana, proteínas, núcleo, regulación, célula, ADN, ARN, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuola, mitocondria, metabolismo, lisosomas.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Principios inmediatos, fermentación, glucólisis, lipólisis, transaminación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, ATP, luz, digestión, vacuola, aminoácidos, ribosoma, ARN transferente, ARN mensajero, núcleo, ADN, retículo endoplasmático.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Célula, ATP, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, agua, sales minerales, núcleo, ribosomas, vacuola, mitocondria, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, fermentación, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, glucólisis, lipólisis, transaminación, β -oxidación, fotosíntesis.
Cuestionario final 2/6/97	Célula, vida, complejidad, seres vivos, orgánulos, membrana, núcleo, funciones vitales, ADN, ARN, mitocondria, retículo endoplasmático, principios inmediatos, transporte, materia, metabolismo, energía, hialoplasma.
Entrevista. 20/6/97	Célula, funciones vitales, organismo, entropía, vida, reproducción, relación, energía, metabolismo, principios inmediatos, seres vivos, reacciones químicas, glúcidos, lípidos, proteínas, gametos, ADN, ósmosis, sales minerales, agua, orgánulos, membrana, núcleo, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuolas, mitocondrias, hialoplasma, glucólisis, glucogénesis, cromatina, cloroplastos, catabolismo, anabolismo.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, citoplasma, orgánulos, membrana nuclear, membrana citoplasmática, mitocondria, orgánulo de Golgi, ribosomas, lisosomas.	Membrana.	Cloroplasto, hialoplasma, mitocondria, membrana mitocondrial externa, cresta mitocondrial, citosol.	Núcleo, citoplasma, orgánulos, citosol, citoesqueleto, mitocondria, aparato de Golgi, cloroplasto, ribosomas, vacuolas.	Orgánulos, membranas, mitocondrias, citosol, dictiosomas, vesículas, lisosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, crestas mitocondriales, ribosomas, membranas plasmáticas.	Membranas, cilios, flagelos, ribosomas, núcleo, mitocondria.	Retículo endoplasmático, cloroplasto, mitocondria, aparato de Golgi, núcleo, membrana plasmática, citoplasma.	Cromosomas, núcleo, envoltura nuclear, nucleoplasma, citoplasma, nucleolo, huso mitótico, centriolos, cinetócoros, pared celular, vesículas, aparato de Golgi, microtúbulos, centrosomas.	Membrana, núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuola, lisosomas.	Vacuola, ribosoma, núcleo, retículo endoplasmático.	Núcleo, ribosomas, vacuola, mitocondria, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi.	Orgánulos, membrana, núcleo, mitocondria, retículo endoplasmático, hialoplasma.	Orgánulos, membrana, núcleo, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuolas, mitocondrias, hialoplasma, cloroplastos.	AG6,centriolo1,centrosoma1,cilio1,cinetócoro1,ctq1,ctp14,cts13,clpt5,crmit1,crma1,dictiosoma1,envnucl1,fgl1,hpl3,husomit1,liss3,mmb9,mmbrcitoplasm1,mbrmit1,mbrmitext1,mbrnucl1,mbrplasm1,microtúb1,mitc10,núcl10nuclo1,nucleoplasma1,org5,paredcel1,R E7,rib7,vesc2.
Moléculas	Nutrientes, ácido nucleico, ATP.	Sales minerales, agua, nutrientes.	Glúcidos, enzimas, proteínas, nutrientes, lípidos, monosacárido.	ATP.	Lípidos, aminoácido, proteínas, ácido graso, ATP, agua.	Aminoácidos, proteínas, holoproteínas, holoenzimas, apoenzimas, enzima, ARN, gen, cromátida, ADN, codón, metabolitos, anticodones, inhibidor, agua, ARN transferente, ARN mensajero.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP.	ADN, ARN, proteínas, cromátida, nucleótido, metabolitos, ácidos nucleicos, genes.	Proteínas, ADN, ARN.	Principios inmediatos, ATP, aminoácidos, ARN transferente, ARN mensajero, ADN.	ATP, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, agua, sales minerales.	ADN, ARN, principios inmediatos.	Principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, ADN, sales minerales, agua, cromatina.	AN4,ADN6,agua5,aa2,apoenz1,ARN5,ARNm2,ARNt2,ATP6,codon1,cromát2,cromat1,en2,gen2,glúc4,holoprot1,inhibidor1,líp5,monosac1,nucleótido1,nutriente4,PI3,prot8,sm3.
PROCESOS Mts.	Respiración celular.	Metabolismo	Catabolismo, anabolismo, fotosíntesis, respiración, heterótrofo, autótrofo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena	Cadena respiratoria, ciclo de Krebs, fermentación, ciclo de Calvin, glucólisis, fotosíntesis, neoglucogén	Proceso catabólico, ciclo de Krebs, β -oxidación.	Catabolismo, metabolismo, transcripción, traducción, fotosíntesis, ciclo de Krebs, síntesis de proteínas, respiración,	Metabolismo	Actividad metabólica, autoduplicación, transcripción, traducción, metabolismo.	Metabolismo	Fermentación, glucólisis, lipogénesis, transaminación, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, digestión.	Fermentación, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, glucólisis, lipólisis, transaminación, β -oxidación,	Metabolismo	Metabolismo, glucólisis, glucogénesis, catabolismo, anabolismo.	Anb2,autófl,â-ox2,cadresp4,cat3,cKrebs6,digest1,duplc1,fermet3,ftst4,glucogén2,glucogénogén1,glucólisis4,heterófl,li

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
			respiratoria, fotolisis, fotofosforilación, ciclo de Calvin, metabolismo.	esis.		glucogénesis.					fotosíntesis.			pogén1,mtb8, resp3,respcel 1,síntesis4,sp rot1,traduc2,t ransaminació n2,transcrip2.
Otros	Funciones vitales, ósmosis.	Funciones vitales, ósmosis.	Funciones vitales.	-	Transporte.	Funciones vitales.	-	Meiosis, profase, paquiteno, ciclo vital, mitosis, citocinesis, metafase, anafase, telofase, diferenciación celular.	-	-	-	Funciones vitales, transporte.	Funciones vitales, reproducción, relación, ósmosis.	Anaf1,citocin esis1.funcion es6,FV6,mei osis1,metaf1, mitosis1,ósm osis3.prof1,re l1,rep1,telof1 ,transporte2.
CONCEPs GRALES:	Célula, ser vivo, vida, información genética, energía.	Célula, materia, vida, procariota, eucariota, animales, vegetales, ser vivo, reacciones químicas, organismos.	Energía, células, reacciones químicas, vegetales, animales, organismo.	Luz, célula.	Ser vivo, autonomía, célula, animales, vegetales, eucariotas.	Energía, célula, reacciones químicas, vida, seres vivos, eucariota, vegetales, organismo.	Célula.	Célula, variabilidad, crecimiento, vegetales, animales, información.	Regulación, célula.	Luz.	Célula.	Célula, vida, complejidad, seres vivos, materia, energía.	Célula, organismo, entropía, vida, energía, seres vivos, reacciones químicas.	Ani4,célula1 2,energía5,en tropía1,eucr t 3,genética1,i nformación2, infgen1,mate ria2,organis mo4,procr t1,r eac4,reactq4,s vv6,vgt5,vida 5.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Permeabilidad.	Sistema inmune, antígeno, anticuerpos, linfocitos, fagocitos, inmunidad.	-	Genotipo, interfase, locus, homocigóticos, heterocigóticos, fenotipo.	-	-	-	-	Gametos.	Anticuerpo1, antígeno1, fenotipo1,gamet o1,genotipo1, inmunidad1,i nterfase1,linf ocito1,perme abilidad1.
MODELO	A	A	B	B	B	C	B/C	C	B	C	C	C	B	B/C

¿Qué información podemos extraer de las producciones y verbalizaciones de Andrea con respecto a su forma de pensar en la célula? ¿Qué inferencias y qué deducciones podemos formular en lo que se refiere a su representación de la misma a lo largo del curso? ¿Qué modelos mentales fue construyendo como análogos estructurales de esa compleja entidad biológica que estudió a lo largo de todo el año? Andrea comienza el curso con una representación sólo estructural de esta unidad de vida, una representación que en su cabeza está constituida por una serie de elementos estructurales, un conjunto limitado y parcial que construyó en años anteriores y al que no le atribuye precisamente nada que caracterice su condición de vida; de hecho, si observamos los conceptos que utiliza en el cuestionario inicial (18-10-96) que se obtiene como primer registro de ella, podremos ver que efectivamente utiliza bastantes conceptos organulares y moleculares y sólo “respiración celular”, “funciones vitales” y “ósmosis” como conceptos comportamentales, conceptos que, además, no sabe explicar. Su lenguaje echa mano básicamente de frases librecas articuladas con poco hilo conductor, lo que da como resultado un discurso simple en el que se refleja una información repetida mecánicamente que no da signos, como consecuencia, de que Andrea haya adquirido o disponga en este momento de poder explicativo, siendo limitado también su poder predictivo en la medida en que no es capaz de razonar válidamente en términos biológicos, no estableciendo deducciones e inferencias consistentes. Cuando se le pregunta cómo representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, su respuesta es como sigue:

“Según el criterio que utilizamos a la célula se puede representar como la unidad más pequeña que forma parte de todo ser vivo, e incluso, ella misma forma a un ser vivo.

También podemos representarla describiendo su estructura, está compuesta por un núcleo, que contiene la información genética, alrededor de éste hay un líquido llamado citoplasma, que es donde se encuentran los distintos orgánulos para hacer la(s) distintas funciones para mantenerse con vida.

Según el esquema mental que tuviéramos de una célula”.

No parece que esta joven tenga ese esquema en su mente o, cuanto menos, que opere con imágenes, lo que también se corrobora al dejar sin respuesta la petición de dibujar cómo funciona una célula. Su representación tiene, como ya se expresó, un conjunto de elementos constituyentes de su estructura y una vaga idea de comportamiento, como se deriva de lo que responde a la siguiente pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Debe tener sus correspondientes orgánulos y su núcleo con su debida información genética, y realizar las funciones vitales.

Para ser físicamente una célula debe contener un núcleo con ácido nucleico, (una membrana nuclear o no), citoplasma, membrana citoplasmática, mitocondria, orgánulo de Golgi, ribosomas, lisosomas, y una serie de orgánulos que algunas células pueden carecer de ellos.

Para funcionar debe de transformar los nutrientes en energía, y realizar la respiración celular”.

¿Cómo cree Andrea en este momento que es ese funcionamiento celular? Veamos lo que responde cuando éste se le pregunta explícitamente:

“La célula para su funcionamiento necesita oxígeno, que por ósmosis, lo introduce en su interior, y junto con la energía obtenida de los nutrientes forma la energía en forma de ATP (en la mitocondria(s)) para poder realizar sus funciones”.

Esa misma limitada representación mental de célula es la que se desprende de lo que hace esta alumna en el examen de Origen de la Vida (18-11-96). Su forma de explicar célula da fe de ello.

“Es la unidad básica que forma la vida, la cual tiene vida propia, y como tal, realiza las funciones vitales. Los organismos unicelulares son aquellos que están formados por una sola célula, y puede ser procariota, o más evolucionada, eucariota, dentro de las cuales se encuentran las células animales y vegetales; la unión de células forma(n) los distintos organismos pluricelulares”.

En todo el ejercicio sólo utiliza “membrana” como concepto organular y muy pocos conceptos moleculares y comportamentales que, a todas luces, son insuficientes para dar cuenta de la estructura y del funcionamiento celular. De lo anterior se deriva que la capacidad explicativa de Andrea es marcadamente insuficiente lo que se corrobora con su forma de plasmar la información memorística y repetitiva que usa, una información articulada escasamente en un pobre discurso formado a base de frases librescas. Su ausencia de establecimiento de deducciones e inferencias justifica también un bajo poder predictivo en la medida en que no es capaz de anticipar resultados ni de aplicar contenidos estudiados para razonar en términos biológicos ante problemas planteados. Su limitado modelo mental no le permite, como vemos, predecir ni explicar coherentemente, mostrando incluso irracionalidad y ausencia de lógica en sus respuestas.

- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.
 - ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría? ¿Tiene algún fundamento biológico?
 - ¿Qué procesos biológicos no ocurrirían si nuestro organismo no tuviera sales minerales?

“Debido a que al tener congestión nasal, hay una pérdida de sales minerales, por ello es beneficioso que se den sales minerales desde fuera del organismo para que tenga una concentración salina normal.

Este hecho es debido a la ósmosis; es necesario tener un grado de concentración en el organismo”.

Como vemos, ni siquiera responde a todo lo que se le solicita, ¡no tiene respuesta!. En el examen de Glúcidos (9-12-96) se observa un cambio: el uso de la información que sigue Andrea es similar a lo que ya hiciera en el ejercicio anterior, pero en esta ocasión el discurso es más coherente y se muestra mejor hilvanado. Si atendemos a los conceptos que utiliza, vemos que hay un mayor equilibrio entre los estructurales y los funcionales, éstos últimos centrados básicamente en procesos metabólicos que resultan altamente complejos y que requieren el establecimiento de relaciones e interacciones moleculares y organulares, de causalidad, en definitiva, para su comprensión. Y esto es lo que no termina de aprehender Andrea en la medida en que no es capaz de establecer esas correlaciones en su representación porque en ella trabaja a un doble nivel, con un esquema dual según el cual utiliza su vertiente estructural o su vertiente funcional pero no ambas de manera integrada, lo que le permitiría de hacerlo definir esas correlaciones causa/efecto que justifican el conjunto de procesos que dan sentido a la célula como unidad de vida. Ante la pregunta:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.

Andrea recurre sólo a un subesquema funcional, ejecuta sólo éste como intermediario para dar respuesta y, como es lógico, manifiesta en ella y con ello una comprensión limitada como consecuencia de su modelo mental parcial de la célula que necesita representar ante la demanda. De hecho, el último apartado requiere recurrir a la estructura celular y esta alumna no da cuenta de ello.

- *“Porque los procesos que son necesarios para la síntesis de la glucosa no es necesario el oxígeno hasta terminada la glucólisis, posteriormente no fermenta porque mediante la fermentación se obtiene menos energía para la posterior síntesis de ATP.*
- *No, porque las células vegetales sí respiran, mediante la fotorrespiración en la fase fotoquímica, y esa fotorrespiración se lleva a cabo en la fotosíntesis (Aunque la respiración de las células vegetales no sea igual que la respiración de las células animales).*
- *Sí, porque el catabolismo heterótrofo se procesa mediante la obtención del exterior de la molécula necesaria (la glucosa); y el catabolismo autótrofo se lleva a cabo a través de los elementos necesarios para formar o reaccionar esos elementos en el interior de la célula.*
- *No, porque los glúcidos son el aporte de energía a corto plazo, y recurriendo únicamente a los otros componentes energéticos la célula no podría funcionar como tal, ya que éstos últimos, lo son a largo plazo”.*

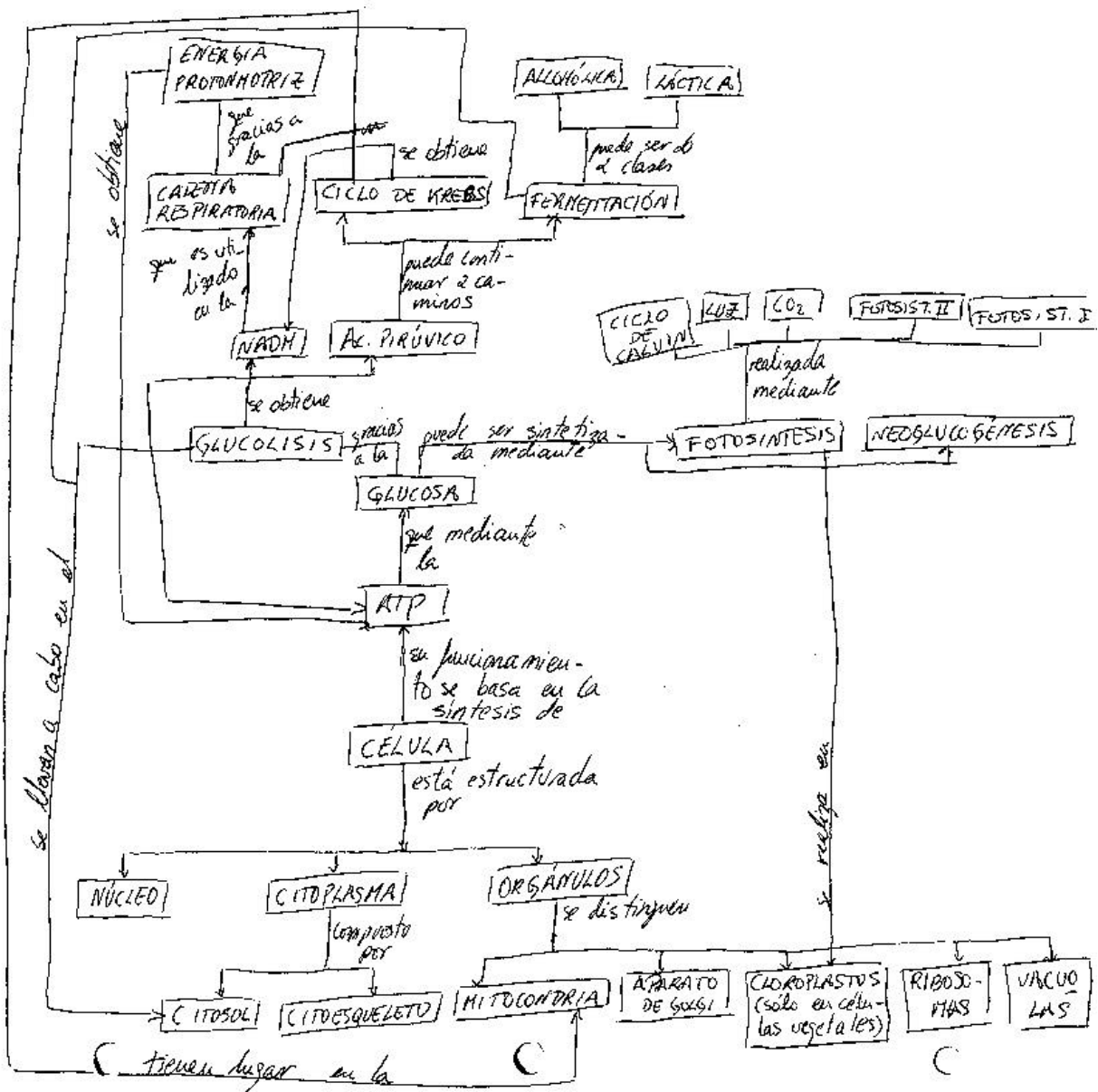
En todo caso, Andrea construyó para este examen un modelo mental de célula que es diferente al que generara en ocasiones anteriores, un modelo que ahora no es sólo estructural sino que atiende tanto a esta vertiente como a su funcionamiento aunque sea por separado. Esto supone un cambio también en su forma de razonar, de manera que si bien hasta ahora por trabajar sólo con la estructura, no podía establecer deducciones e inferencias, con el modelo dual que tiene en este momento en mente puede hacerlas aunque éstas sean pobres, puede adivinar, intuir, anticipar alguna explicación que suponga correlaciones al respecto, de tal forma que Andrea ha generado una representación que aunque sea tímidamente, ha aumentado su poder explicativo y su poder predictivo. Este ejercicio nos brinda un ejemplo si bien es cierto que manifiesta un importante error biológico.

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Debido a que al estar en periodo de gestación, se necesitan muchos azúcares para una doble alimentación, la de la mujer y la del niño, por ello el cuerpo le “pide” azúcar.

La hipótesis podría ser que el niño al obtener los nutrientes de la alimentación de la madre, necesita muchos azúcares, proteínas, etc., ya que para una formación sana del feto, son necesarios estas moléculas, debido a que el niño debe crecer bastante, con relación al crecimiento fuera de la madre, y tan solo en nueve meses, por ello necesita un aporte aún mayor de nutrientes”.

Su primer mapa conceptual para expresar lo que sabe sobre la estructura y el funcionamiento celular (8-1-97) es un ejemplo de arbitraria selección de conceptos, introduciendo, por ejemplo, adjetivos, frases o fórmulas; los nexos que usa son simples y, como consecuencia de ello, resultan proposiciones que tienen poco significado biológico –algunas incluso no tienen ningún significado-. Ante la observación de este mapa como producto de lo que su mente piensa, parece evidente que otra vez tenía por un lado una idea o esquema que daba cuenta de la estructura (parte inferior) y otra que abordaba su procesamiento energético (parte superior), lo que da pie para pensar que efectivamente su modelo mental en este momento es dual.



Ante el examen de Lípidos (826-2-97) nos encontramos con lo que puede entenderse como un nuevo avance en el proceso cognitivo que está siguiendo Andrea para procesar su información sobre la célula. Las frases que construye son bastante más

elaboradas y personales, articulándolas convenientemente en un discurso aceptable en el que se observa que también es personal y autónomo el manejo de la información que selecciona, una información que organiza de forma, nuevamente, personal y aceptable. Desde esta perspectiva, su capacidad explicativa ha ganado mucho, del mismo modo que también podemos observar que han ganado elementos los conjuntos con los que esta alumna construye su modelo mental, aumento que debe estar resultando significativo en lo que a los atributos que caracterizan dichos conceptos se refiere, a juzgar por la forma en la que los usa que, como se ha dicho, ha plasmado un mayor poder explicativo que biológicamente es consistente. Pero resulta paradójico que siendo esto lo que caracteriza el examen, esta joven no sea capaz de comunicar ante el concepto célula nada más que algo tan genérico como lo siguiente:

“Es un ser vivo el cual tiene autonomía propia, pero puede estar formando tejidos (con ello órganos) para una determinada función dentro de un organismo pluricelular. La célula, según sea su función y su complejidad, desempeñará unas determinadas funciones, y para ello contiene en su interior, además de los orgánulos imprescindibles, otros que le ayudan a realizar una función determinada”.

Vuelve a dar la impresión con lo anterior de que Andrea piensa o bien en estructura o bien en funcionamiento estableciendo sólo tímidas conexiones entre ambos aspectos. Una consecuencia de un modelo parcial es tener una limitada capacidad para formular inferencias y deducciones, para anticipar o predecir cuando se ejecuta el modelo y este ejercicio es una muestra de ello; de las tres preguntas planteadas al efecto, cuestiones que trabajan básicamente con procedimientos como categoría de contenido, la única que manifiesta una cierta lógica es la siguiente:

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

“Pienso que sí, ya que los lípidos poseen insolubilidad al agua, me explico, al añadir a las células epiteliales una mayor producción de lípidos en las membranas plasmáticas, hacen que el agua no salga, y como es necesaria entra; pero, ¿puede entrar por algunas proteínas y salir por otras? Éste es un punto débil, pero podría pensar que al haber mayor número de lípidos, y por evaginación o invaginación se desprenden parte de las membranas plasmáticas, y con ello proteínas, este aumento de lípidos posibilitaría aún más la insolubilidad en agua, pero como la célula requiere agua para su funcionamiento normal, las proteínas estarían más ocupadas en dejar entrar agua que en eliminar, con lo cual, el aumento de agua infl(1)aría más a la célula, lo que llevaría a células más tersas en su superficie, con lo que produciría una piel más tersa y suave.

Por lo contrario si no hay muchos lípidos, sino bastantes proteínas que produzcan el arrugamiento de las células a causa de falta de agua, la piel se arrugaría por la misma razón.

Una actividad posible podría ser que al dejar a una persona tomando el sol, sin ninguna clase de protección durante muchos años, y otra persona que no hubiese cogido sol nunca (por ejemplo una persona de Finlandia) (me refiero a muchas horas expuestas, conscientemente, al sol), ambas personas con la misma edad, se podría observar que cuando llegasen a edades maduras la persona expuesta al sol le saldrían primero arrugas que a la que no se ha expuesto nunca.

Otra actividad es prov(b)ar esas sustancias liposómicas con dos hermanos gemelos (o hermanas), pero únicamente con una de las dos personas, la otra sin ninguna clase de

cosméticos. Podría predecir que el hermano que utilizó las cremas, al cabo de los años, se retrasa (no se elimina) los efectos del envejecimiento (arrugas, flaccidez), mientras que el otro hermano, al mismo tiempo, se detecta un envejecimiento más acelerado y progresivo que a su gemelo”.

Progresivamente, como vemos, la construcción mental de Andrea es más explicativa y más predictiva, es un análogo estructural del concepto que representa que va enriqueciendo sus elementos conceptuales constituyentes a los que va asignando significados biológicos coherentes, lo que la dota de comprensión. La célula en toda su esencia es un ente complejo, es un mundo complicado y difícil de aprehender y de entender, un concepto científico que, como tal, requiere la construcción de un modelo mental complejo que actúe como puente entre él mismo –ese mundo- y el individuo con objeto de que lo entienda en toda esa complejidad que lo caracteriza. Y un modelo de estas características es el que parece haber generado Andrea ante el examen de Proteínas (14-3-97), un modelo causal, global, integrado que le permite explicar coherente y autónomamente a través de un discurso bien estructurado y muy personal y, también, predecir y razonar válidamente en términos biológicos, echando mano, incluso, de analogías para comunicar mejor lo que ha percibido y/o concebido. Cuando tiene que dar cuenta del papel que tienen los enzimas en la estructura y en el funcionamiento celular, es cierto que hemos de reconocer que no aborda el primero de los aspectos citados, pero cierto es, también, que su poder explicativo es evidente captando, por ejemplo, la idea de orden y su importancia para la célula.

“Si esto sucediese la vida no existiría, ya que muchas reacciones químicas que necesitan ir con una rapidez mayor de la que van sin enzimas que las catalicen, por ello las reacciones se producirían desordenadamente con respecto al momento en el que se necesita el sustrato. Además de esa lentitud “mortal”, muchas reacciones no se producirían ya que no podrían llegar a conseguir su energía de activación necesaria para llegar al complejo activado (dependiendo de las condiciones ambientales). Todo esto conllevaría la imposibilidad del metabolismo celular de muchísimos de los seres vivos, lo cual produciría su muerte y la rotura del ecosistema, con lo que llevaría al desastre mortal de los seres vivos.

Además, muchos procesos que se llevan a cabo en el metabolismo de las células se verían atascados en un punto, o varios, debido a la falta de enzimas”.

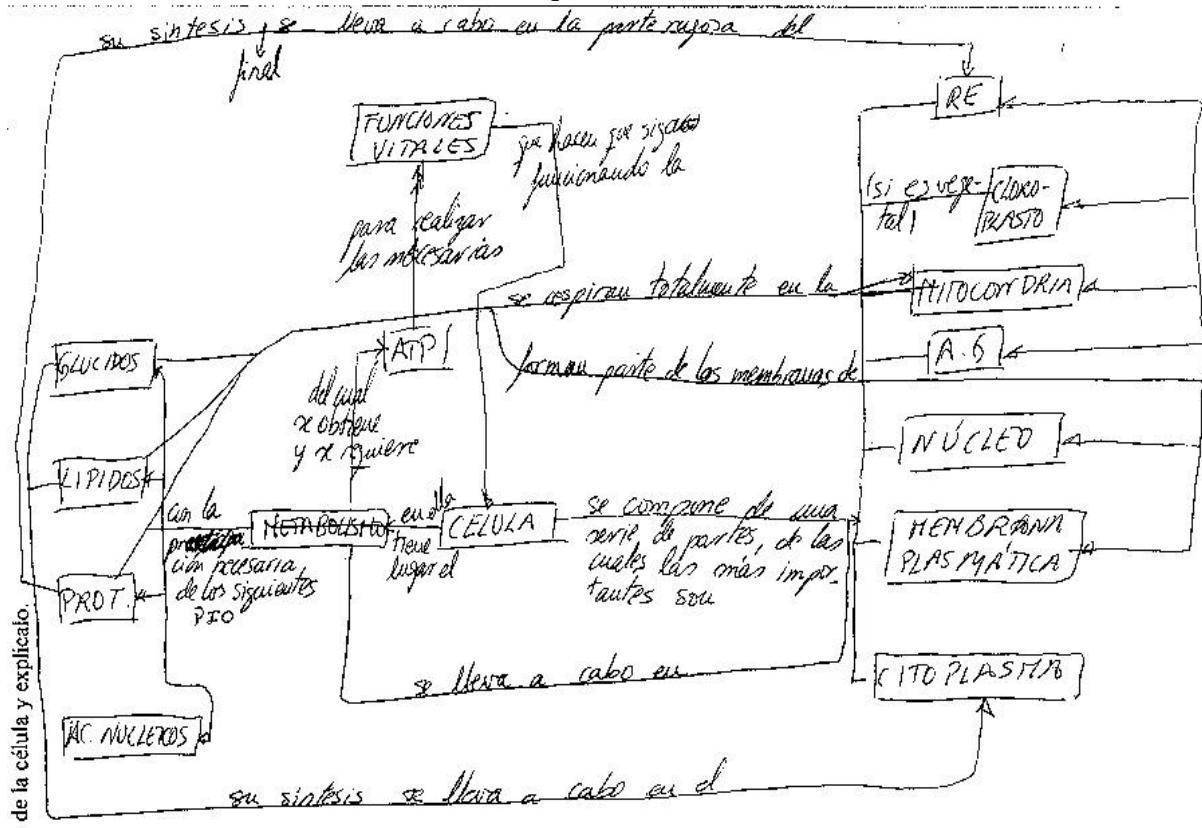
Operando sobre el mismo contenido, pero en otro contexto y desde otra perspectiva, veamos cómo razona ante esta otra pregunta y observemos si nos vale lo siguiente como dato de sus deducciones.

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 °; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.
- “Creo que las células, en la respiración de la glucosa, producen las reacciones de una forma escalonada y sucesiva, ya que, como dice el texto, si toda se la energía se libera de una vez se produciría una combustión. Además, las reacciones se producen en

distintos compartimentos (estructuras intracelulares) de la célula, con lo cual aísla unas reacciones determinadas de otras.

- Hipótesis: Al producirse la respiración de la glucosa, ya mencionado anteriormente, en forma escalonada y dentro o fuera de estructuras intracelulares limitadas por una membrana, además, actúan una serie de complejos multienzimáticos que guardan esa energía "a trozos" en sus enlaces, con lo cual se forman moléculas con enlaces potencialmente energéticos, que se utilizarán para las funciones vitales.
- Una actividad puede ser partir un trozo de madera en muchos pedazos, los cuales se guardan, y posteriormente se pueden echar a una hoguera, se observará que si introducimos todos de golpe se producirá un gran desprendimiento de energía, mientras que si los echamos de uno en uno y poco a poco la energía desprendida es poca, y la llama durará mucho más tiempo, con lo cual la energía está mucho mejor administrada".

¿Podría admitirse que efectivamente piensa en una célula integral, una célula que hace cosas –procesos- interrelacionados con sus estructuras correspondientes? No parece descabellada ante el dato anterior una afirmación como respuesta. Veamos qué pasa cuando hace su segundo mapa conceptual (2—4-97); se pretende que se exteriorice con él el conocimiento relativo a la estructura y al funcionamiento celular pero sólo con quince conceptos. Andrea lleva a cabo una selección adecuada de los mismos y en esta ocasión usa relaciones mucho más explicativas que en el mapa anterior, relaciones que plasman significados biológicos que, como se decía, deben ser resultado de los que ella asigna a estos conceptos en su estructura cognitiva. El mapa refleja básicamente elementos organulares a un lado y moleculares a otro, teniendo como eje central lo que caracteriza la forma de actuar de una célula a través del metabolismo, la energía y las funciones vitales; se imprimen más sentidos comportamentales a través de los nexos y de relaciones cruzadas. Observemos lo que hizo Andrea en esta ocasión.



Ante lo anterior, sólo observando el mapa que hace como producto, como dato, podríamos pensar que esta estudiante de nuevo ejecutó un modelo mental global, un modelo compacto, modelo C, en el que hay indicios de integración entre estructuras y

funciones; pero hemos de fijarnos en que, por una parte, su jerarquización es débil, lo que se entiende como una consecuencia de un modelo mental que no es totalmente comprensivo (o sea, modelo C), y, por otra, sólo usa “metabolismo” como concepto funcional, lo que es claramente pobre y a todas luces insuficiente para explicar y entender todo lo que supone la forma tan peculiar de comportarse de la célula, eso que la hace una estructura dinámica que ostenta el carácter de la vida. Quizás, analizando lo que hace esta joven en su conjunto, nos encontremos ante una forma de operar mentalmente por parte de Andrea en este momento que está en el límite entre ambos modelos mentales: uno dual –insuficiente- y otro causal –explicativo-. Su explicación del mapa que ha hecho parece corroborar esta interpretación.

“El mapa conceptual que he elaborado se centra con el concepto célula que lo considero el más importante, y se expande hacia los lados jerárquicamente:

La célula en la que tiene lugar el metabolismo, del cual se obtiene y se requiere ATP para realizar las distintas funciones vitales que hacen que siga funcionando la célula.; el metabolismo precisa la participación de principios inmediatos orgánicos que son los glúcidos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos, de los cuales, los tres primeros forman parte de las membranas celulares y se respiran totalmente la mitocondria (tras haber sufrido una oxidación parcial en el citoplasma).

*La célula se compone de una serie de partes, de las cuales las más importantes son * aquí tengo que señalar que no es que considere más importantes unos que otros, sino que al haber un número limitado de conceptos a elegir, me parecieron los más importantes y relevantes los que he señalado en el mapa conceptual * retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondria, cloroplasto, (sólo en células vegetales) núcleo, membrana plasmática, citoplasma.*

Como he señalado anteriormente la célula la he puesto en medio (concepto más importante), a continuación, siguiendo con la jerarquía, funciones vitales y ATP, ya que sin ellos no se puede realizar lo demás. Seguidamente, metabolismo; y, por último, al mismo nivel por ambos lados (o al menos lo he intentado) los principios inmediatos orgánicos y las estructuras celulares”.

Ante el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) este modelo-límite se ha decantado, por lo que se ve, hacia el lado de un modelo mental causal, global, integrado, un modelo que la dota de la suficiente capacidad explicativa como para utilizar un lenguaje personal bien articulado en un discurso coherente y bien hilvanado que refleja el dominio y la autonomía con la que Andrea organiza y maneja la información, hasta el extremo de que es capaz de revisar su conocimiento, de recuperar contenidos trabajados en unidades didácticas diferentes e incluso separadas en el tiempo, de llevar a cabo revisión recursiva de su conocimiento, en suma, cuando explica qué papel tienen los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento de la célula; justo es reconocer, de todas maneras, que no aborda directamente la vertiente estructural, pero esa progresiva diferenciación y posterior reconciliación de su conocimiento, como consecuencia de la revisión que sobre el mismo lleva a cabo, parecen innegables ante lo siguiente, si vemos cómo esta alumna es capaz de captar la relación entre estos principios inmediatos y el metabolismo en el que intervienen algunas de sus moléculas constituyentes como cofactores, contenido éste que se trabajó ya en los primeros meses del curso:

“El funcionamiento depende casi por completo del ADN, porque éste posee la información necesaria para sintetizar proteínas específicas para la célula, y debido a la gran importancia biológica de las proteínas para el funcionamiento de la célula, el ADN es esencial, porque depende de la clase de proteínas que se sinteticen entonces funcionará de una u otra manera.

Además, hay metabolitos como el NAD, FAD, etc (formados por ácidos nucleicos), que son imprescindibles para el metabolismo de la célula, sin ellos no se podría llevar a cabo con normalidad”.

¿Qué pasa cuando Andrea interpreta las viñetas que representan analógicamente una célula (12-5-97)? ¿Cómo trabaja mentalmente con las analogías, alguna de las cuales ya nos brindó en ejercicios anteriores? Aquí parece volver a pensar en un doble nivel, con un doble esquema que por un lado da cuenta de la estructura y por otro de la forma de actuar y, de hecho, es como si hiciese una relación de orgánulos a los que les asigna a través de verbos sus acciones correspondientes pero a modo de catálogo, un funcionamiento-suma, no usando más que “metabolismo” como concepto comportamental. Y, además, llama la atención que tampoco es excesivamente explícita en cuanto a los elementos estructurales y organulares a los que recurre que son un tanto escasos si atendemos a los que se han estudiado a lo largo del curso; téngase en cuenta que este instrumento se entrega cuando ya el contenido relativo a la célula seleccionado para el curso se ha terminado de trabajar con el alumnado. No parece que Andrea le haya sacado mucho partido a estas imágenes analógicas, no da la impresión de que haya modelado esta célula en acción en su cabeza y sólo se limita a describir lo que se le presenta.

“Lo explica muy significativamente, desde mi punto de vista:

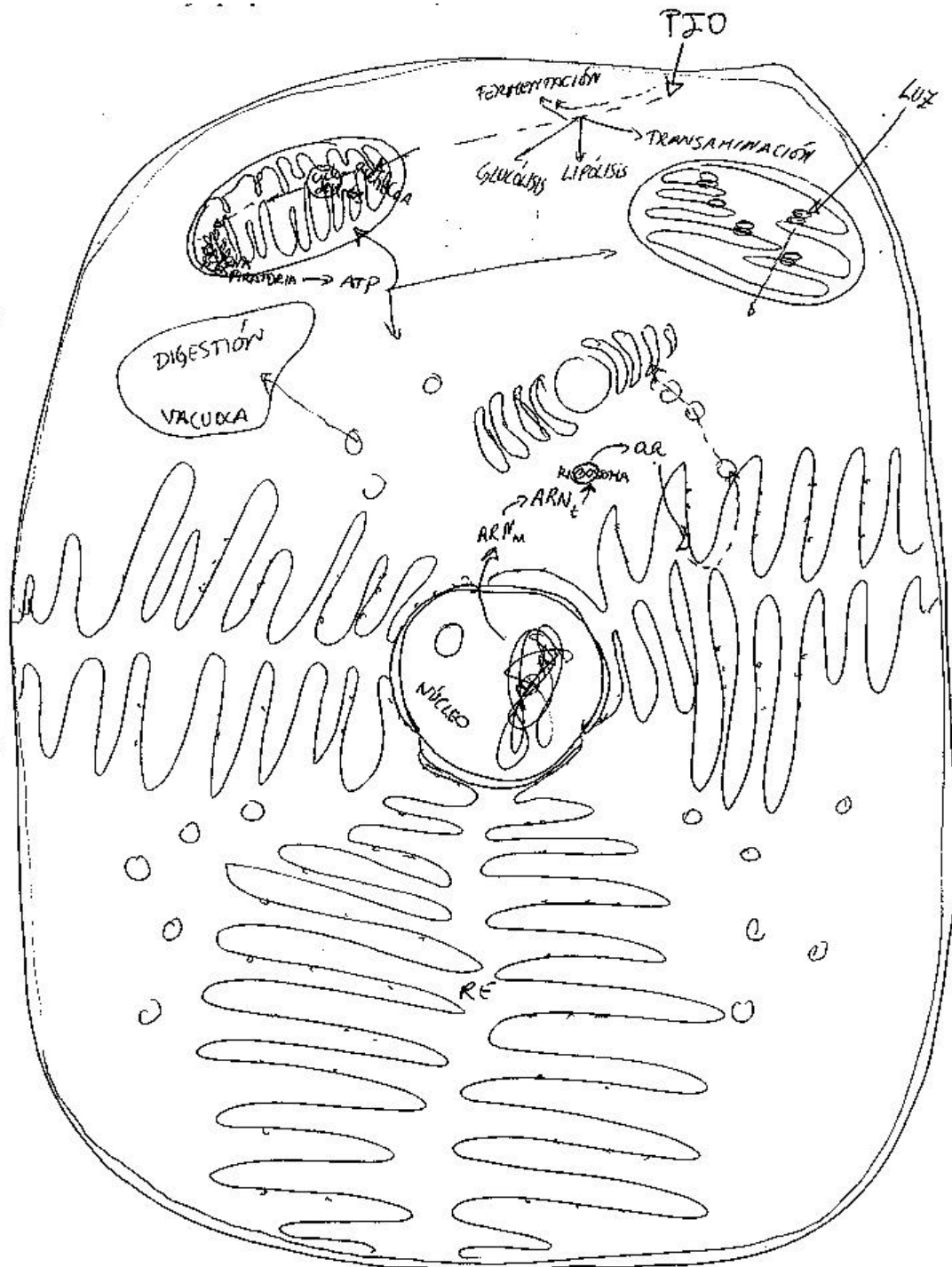
En la membrana: entran los materiales necesarios para el funcionamiento de la estructura (camión con piedras), y es permitido por el guarda que vigila en la puerta (proteínas).

En el núcleo: hay regulación compleja de todos los mecanismos de la célula (mediante el ADN). Mediante un ordenador (ADN) se regulan los materiales que hay que trasladar a un lugar determinado (los que trasladan este material correspondería al ARN, y el lugar de anclaje, los ribosomas, que pueden o no estar adosados al retículo endoplasmático).

Posteriormente se traslada a la vacuola donde se almacena (camión) temporalmente, y luego se traslada a la fábrica donde se transforma ese material transportado (en la mitocondria se produce el metabolismo).

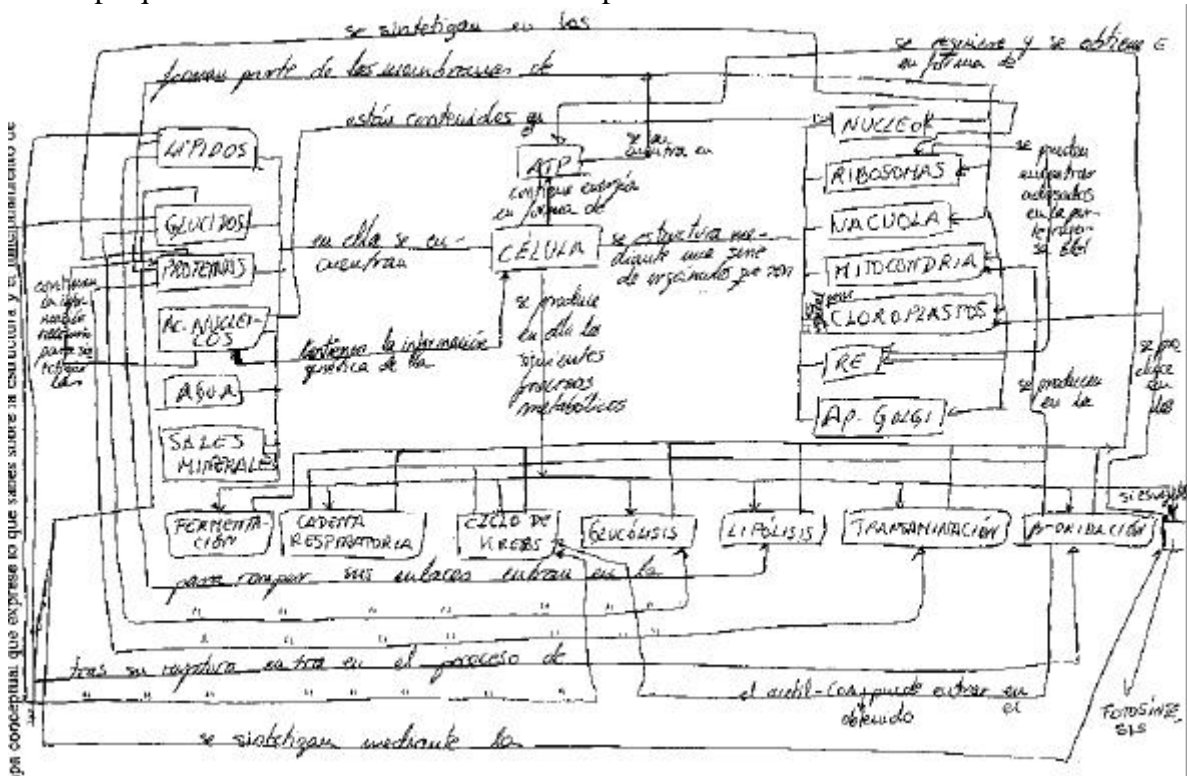
En la vacuola digestiva: los encargados de romper el material para la construcción lo rompen en este punto, que correspondería a la vacuola digestiva, aunque los lisosomas también tienen su papel correspondiente en este punto”.

Y recuérdese que Andrea no dibujaba su visión, su imagen, de célula ni estructural ni funcionalmente en el mes de octubre, que comentaba que dependería lo que hiciéramos de la idea que tuviéramos en mente, pero ella no la plasmó y que en lo que se refiere a su funcionamiento de manera gráfica ni tan siquiera lo contestó; pues bien, cuando se le pide que haga un dibujo para plasmarlos (16-5-97) su diseño aparentemente es libresco pero no lo es tanto si nos fijamos con más detalle ya que, como se verá, es personal en la medida en que incorpora un cierto dinamismo utilizando algunas palabras y, sobre todo, algunas flechas que dan signos de continuidad temporal y topográfica. De este modo, esta joven está estableciendo correlaciones que son realmente explicativas de la entidad celular, aunque sea parcialmente, es decir, aunque atienda sólo a algunos procesos; no parece éste el dibujo producto de alguien que piensa independientemente en la estructura y en el funcionamiento celular, sino, más bien, la forma de exteriorizar una visión, una idea de esa célula algo más causal y compleja, si bien no refleja toda esa complejidad que la caracteriza como tal unidad de vida y de los seres vivos.



Su tercer mapa conceptual (19-5-97) también da muestras de un modelo integrado de célula en la cabeza de Andrea ; la selección conceptual vuelve a ser adecuada, los nexos otra vez son explicativos y, como consecuencia, de ello, las proposiciones resultantes son significativas desde el punto de vista científico, significados que parece razonable pensar que esta alumna ha atribuido a los conceptos que utiliza ya que, de otro modo, resulta improbable que esos significados puedan plasmarse de la misma manera. El formato del mapa conceptual es similar al anterior, pero incorpora por debajo un tercer lado o cara de la pirámide que dice que le permite jerarquizarlo. ¿Y por qué deducimos de su observación, de este mapa como producto de una tarea cognitiva, un modelo mental integrado (modelo C)? Porque utiliza equilibrada e indistintamente conceptos tanto estructurales como funcionales y lo hace, como se ha dicho, con

sentido, con significado biológico, estableciendo además multitud de relaciones cruzadas que justifican esa causalidad e interconexión. Andrea plasma en él un importante enriquecimiento de los elementos que constituyen los conjuntos con los que trabaja, es decir, conjunto de entidades celulares, conjunto de propiedades y características de las mismas y conjunto de relaciones e interconexiones, o sea, procesos, todo ese nivel nuevo en este mapa con respecto a los anteriores al que ella le da sentido a través de las relaciones que establece con moléculas y orgánulos como entidades estructurales de la célula que representa. La explicación que hace esta joven del mapa que ha elaborado también merece la pena.



“Este mapa conceptual está distribuido en forma piramidal, en el cual la célula es el término más importante (ya que estamos hablando de ella), en segundo lugar está el ATP, que es la molécula potencialmente energética requerida y sintetizada por una serie de procesos metabólicos, los cuales están al mismo nivel que los orgánulos y los principios inmediatos”.

El cuestionario final (2-6-97), al ser igual que el inicial, nos permite hacer algunas comparaciones. Cuando se le pide cómo representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, esta vez Andrea tiene en mente un estereotipo, simple, pobre, “huevo frito”, pero refleja una visión, una vista de la entidad que representa que al empezar el curso si tenía en su mente, no la exteriorizó.

“El estereotipo de la célula suele ser:”



Y ahora no deja en blanco la demanda de dibujar su funcionamiento, pero ella no puede hacerlo porque es muy complejo; “su” célula en este momento no es una simple estructura, lo que podría concluirse de la respuesta anterior, sino que está dotada de una complejidad que la caracteriza y que ella no puede exteriorizar gráficamente.

“No podría dibujar cómo funciona, ya que es una serie de procesos muy complejos los que se producen en ella”.

Tampoco podemos concluir que Andrea ante este instrumento de recogida de información haya pensado por un lado en estructuras y por otro en funcionamiento, aunque su respuesta a la siguiente pregunta tenga un cierto halo de ello.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Para que una célula sea célula debe tener una estructura determinada, en la que se produzcan una serie de procesos metabólicos para que pueda realizar sus funciones vitales.

Para ser físicamente célula debe tener una membrana externa, que la delimite con el medio, ADN y ARN y una serie de orgánulos imprescindibles para su funcionamiento (mitocondria, retículo endoplasmático, ...)

Para funcionar como tal necesita los principios inmediatos”.

Esta alumna tiene en su mente un modelo global, un modelo que le permite explicar con corrección y propiedad cómo cree que es el funcionamiento celular apoyándose perfectamente en las estructuras que suponen el sustrato en el que ocurre y que lo posibilita, lo que es un signo de la integración que ha llevado a cabo.

“El funcionamiento de la célula es muy complejo, pero resumiendo al máximo se podría decir: la célula obtiene, a través de la membrana por una serie de procesos de transporte, la materia necesaria para realizar el metabolismo, con ayuda de los orgánulos que compartimentan y secuencian los procesos metabólicos, que son para degradar o sintetizar materia rica en energía para poder realizar las funciones vitales propias de todo ser vivo. La materia que necesita la célula son los principios inmediatos, los cuales se metabolizan o son utilizados para metabolizar. Los procesos suceden en diferentes orgánulos según el metabolismo que se produzca en la célula, también esos procesos suceden en el hialoplasma, no todos son en orgánulos. Y el objetivo final es obtener energía para volver a utilizarla para volver a obtener energía, y así sucesivamente”.

¿Y qué información nos aporta su entrevista final de curso (20-6-97)? La primera impresión ante ella es de perplejidad porque no da la sensación de que genere el mismo modelo que caracterizó sus últimos registros, sino que parece más bien que esté operando otra vez en un doble nivel, con un modelo mental dual, si bien es cierto que hay algunos elementos para la duda. Ante la petición de describir la imagen que le sugiere el concepto “energía”, responde:

ML: ¡ah! ¡ya! ¿Energía?

Andrea: ... ¿energía? ¡jeje! el dibujo de la célula, así con los orgánulos y todo eso.

ML: ese, al oír energía te has imaginado el dibujo de la célula con orgánulos.

Andrea: sí, los procesos que, porque yo lo tengo todo organizado, entonces [...].

ML: ¿cómo, cómo es eso? Yo lo tengo todo organizado.

Andrea: sí, sí, el dibujo de la célula, lo tengo con todos los orgánulos, como el que hicimos en la cartulina, y entoncees, [...].

“Ha visto” orgánulos, ¡una célula!, en dibujo, pero una célula y no ha sido la imagen más general; “ve” una cosa estática pero al hilo del concepto “energía” y resulta

llamativo porque lo que la célula hace con ella es procesarla a través del metabolismo.
¿Cómo “ve” la célula?

ML: no te puedes imaginar el caos. ... ¿Célula?

Andrea: ¡jajaja! el dibujo de la célula.

ML: a ver, descríbemelo.

Andrea: sí, pues una célula con su membrana yyy los orgánulos.

ML: descríbeme más cosas.

Andrea: mmm así, la forma deee.

ML: lo que tienes, eso que me dijiste: yo lo tengo todo organizado en mi imagen, a ver, esa imagen que tienes me la vas describiendo.

Andrea: una célula redonda, la estoy haciendo redonda y con el núcleo en medio y luego los orgánulos alrededor.

ML: alrededor.

Andrea: sí.

ML: ¿pero tienen alguna forma concreta allí, alguna organización concreta?

Andrea: bueno, eeelll, bueno el retículo endoplasmático pues va del núcleo hasta membrana, luego cerca está el aparato de Golgi y luego ya las vacuolas y mitocondrias y eso ya.

Esta imagen, la suya, no se parece a la foto de microscopía electrónica que se le presenta porque la suya es “más gráfica”, más teórica; ella ha construido una representación que es más prototípica, estándar, de esa entidad con la que trabaja.

ML: es la imagen de una célula. Tú me decías antes que tú tienes también una imagen de una célula en tu mente. ¿Se parece a ésta?

Andrea: no.

ML: no. ¿Cuáles son las diferencias entre tu imagen de una célula y esta imagen de la célula?

Andrea: porque mi imagen de la célula es máaaas , más gráfica, tiene todo más ... organizado y aquí estoy máaaas ... ¡tch! cooonnn.

ML: ¡jaj! las manos ; ¿más cómo?

Andrea: más desorganizado, no desorganizado sino máaaas ¡tch! sí en lo di, en los dibujos queee ponen en los libros, las mitocondrias pues son más ¡tch!

ML: ¿más típicas?

Andrea: sí, más con forma, todas igual, y aquí a lo mejor una tiene esta forma, luego ...

ML: entonces tu imagen de la célula es distinta a esta imagen de la célula porque la tuya, me dijiste, era más gráfica.

Andrea: sí.

ML: ¿en qué sentido?

Andrea: sí, queee engloba a todas las células cooon los orgánulos así, de una forma determinada y a lo mejor eeennn ¡tch! eso, en , un, unas células presentan los orgánulos así, de una forma determinada y a lo mejor eeennn ¡tch! es o unas células presentan orgánulos así de una forma más pequeñita, de otras formas

ML: ¡ya!

Andrea: o se mueven y eso y otros

ML: ¿quieres decir que tu modelo de célula tiene los orgánulos y las distintas partes de forma más teórica?

Andrea : sí.

ML: sí ¡aaahhh! y esto es distinto.

Andrea: ¡mj!

ML: ... Vamos a ver.

Andrea: bueno, tampoco es que sea muy, muy, muy distinto perooo .

Y Andrea deduce por lo que ha estudiado, más o menos puede deducir, sabe porque está en su modelo y ese modelo la deja anticipar y la dota de poder predictivo.

ML: exacto. ... Bien, vamos a ver; ¿tú por qué dices que esto es núcleo, que esto es mitocondria, que esto aparato de Golgi, que esto son vacuolas? ¿qué es lo que hace que tú puedas afirmarme eso, que esto es membrana, qué hace que tú me puedas afirmar eso?

Andrea: ¡eeehhh! porque hemoos estudiadoo durante el curso lo queee a conocer [...] las estructuras celulares; más o menos ... pooor ¡tch! sí, hemos estudiado las estructuras celulares porque alguien ha investigado y entonces, ... y por eso al, al ver uuunn ... una fotografía, más o menos se puede deducir;

ML: más o menos se puede deducir.

Andrea: por ejemplo aquí es todo compacto, más o menos, una membrana.

ML: ¡ya!

Andrea: se puede deducir.

Pero imagina por separado el papel de cada cosa, tiene en este momento un funcionamiento-suma de “su” célula, un catálogo de cosas o papeles biológicos.

Andrea: buenooo, ¡tch! yo me imaginooo ... por separado los [...] por separado luegooo voy uniendo todos los procesos ... pero no así en general, una célula grande y ... [...].

ML: o sea que cuando ¡eh! que cuando hablas de funcionamiento o cuando oyes algo de funcionamiento lo que tienes son ideas sobre lo que hace cada orgánulo.

Andrea: sí.

ML: pero no hay una idea global del funcionamiento de una célula.

Andrea: bueno, sí, yo voy conectando todos los orgánulos pero así een global, toda la célulaaa fijándome todos los procesos juntos no.

ML: no tienes un modelo que atienda a eso pero sí tienes un modelo que atienda a toda la estructura de una célula.

Andrea: ¡mj!

Y como es lógico, en función de ese modelo parcial, no puede ver todos los procesos de golpe, no puede imaginarse toda esa complejidad.

ML: ¡mj! tienes también un modelo sobre esa organización, entonces, ¿lo has organizado así porque mentalmente tienes organizada la información así? ... Entonces tienes un modelo sobre cómo funciona la célula ... que antes me decías que no.

Andrea: sí pero así, yo me refiere a que todo en conjunto, toda la célula así, todos loos procesos de golpe nooo como por ejemplo, yo me imagino la célula todos los, todos los orgánulos de golpe pero todos los procesos así de golpe nooo.

¿Y cómo construyó su modelo de célula? Encajando piezas, encajando la nueva información de manera que iba adquiriendo sentido para ella, incorporando los procesos y los orgánulos.

ML: interesante sobre todo ¡ya! ... ¡m! ¡m! ¡m! ¡m! ¡m! ¡m! Vamos a ver, como te decía antes, de lo que se trata es de ver si se construye un modelo de célula, si se construye mentalmente alguna alguna idea o algún conocimiento sobre la célula ¿cómo crees tú que has construido tu propio modelo de célula?

Andrea: ¿cómo creo?

ML: sí.

Andrea: ... no sé, se a medida que íbamos viendo cosas nuevas pues se me ibaaan encajando unas cosas con otras.

ML: ¡ah! se te iban encajando unas cosas con otras.

Andrea: sí porque, por ejemplo, empezamos a dar glúcidos y había, había algunas lagunas, bueno las queee al principio nooo salió muy bien pero bueno.

ML: ¡mh!

Andrea: yyy pero luego ya a medida que íbamos dando lípidos, luego proteínas que ya las cosas iban encajando y al final ácidos nucleicos ya era lo que.

ML: ¿lo qué?

Andrea: lo que faltaba.

ML: lo que faltaba. Entonces, vamos a ver: tú has ido construyendo ese modelo de célula encajando piezas.

Andrea: ¡mj!

ML: ¿qué piezas son las que has encajando? ¿cuáles son esos elementos fundamentales que has encajado?

Andrea: ¡eeehhh! los procesos yyy y los orgánulos porque, por ejemplo, en glúcidos no habíamos dado ni el aparato de Golgi yyy entonces ya luego, todo iba ...

Ante la entrevista en su conjunto, y observando los fragmentos seleccionados, no parece infundada la conclusión de que pensó alternativamente o bien en estructuras o bien en funcionamiento, si bien hay algunos indicios que nos dan un cierto margen de duda.

¿Cómo evolucionó Andrea a lo largo del curso? Como se recordará, obtuvimos algunos registros, al principio del mismo, que indicaban que esta alumna trabajó en ellos como fondo de esas producciones con un modelo mental sólo estructural de la célula; esta representación evolucionó hacia un modelo dual (modelo B) según el cual trabajaba por un lado con un submodelo estructural y por otro con un submodelo funcional, ejecutando cada uno de ellos en función de la demanda, modelo parcial que, en consecuencia, la dotó de una comprensión también parcial que la conducía, por ejemplo, a establecer pobres y limitadas inferencias y deducciones. Y evolucionó aún más, hacia un modelo mental que, como sustrato de lo que hacía en sus productos, la dotaba precisamente de esa comprensión global de la complejidad celular como entidad real, como mundo, un modelo que le permitió definir correlaciones, interacciones, relaciones causa/efecto, un modelo mental integrado, global (modelo C) que la dotó de poder explicativo y predictivo con respecto a la entidad célula que estudiaba. A lo largo del curso no parece que Andrea se haya apoyado en imágenes para razonar, no da la impresión, por los datos que nos aporta, de que esas imágenes ejerzan algún papel o influencia en su representación y, de hecho, se encuentra más cómoda en el terreno del discurso, no habiendo dibujado ni siquiera en todas las ocasiones solicitadas y no habiendo hecho más que un diseño con cierto dinamismo; no podría decirse que esta alumna revise recursivamente imágenes, pero sí modelos a juzgar por lo que nos ha mostrado. ¿Pero cómo podemos decir que acabó el curso? ¿Cuál fue el modelo mental al final del mismo? ¿Podríamos decir que está en la frontera entre un modelo dual y otro más global, si bien su trayectoria final se decanta hacia la causalidad? Parece ésta la opción más razonable sobre su modo de pensar en la célula, su manera de trabajar cognitivamente con ella, a juzgar por las producciones y verbalizaciones que nos ha ofrecido como datos.

ANEXO N° 29:

SARA

NOMBRE: Sara

CURSO: COU B

FECHA: 21-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Células, vida, reacciones, membrana, núcleo, orgánulos, ácidos nucleicos, energía, materia, información, enzimas, ARN mensajero, cromosomas, nutrientes, organización, coordinación, dependencia, vacuolas, centriolos, membrana nuclear, ADN, citoplasma, mitocondria, nucleolo.	Célula, vida, seres vivos, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, síntesis, degradación, principios inmediatos, orgánulos, información, mitosis, meiosis, citoquinesis (!), mitocondria, respiración celular, núcleo, organización, membrana plasmática, transporte, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vacuola, reserva, desecho, citoplasma, cloroplasto, fotosíntesis, glúcidos, proteínas, metabolismo, endocitosis, exocitosis, peroxisoma, nucleolo, anabolismo, catabolismo, glucogénesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora, fermentación, β -oxidación, medio, organismos.	Funciones vitales, células, metabolismo, nutrientes, ser vivo, orgánulos, vida, complejidad, energía, materia, degradación, catabolismo, relación, principios inmediatos, enzimas, animal, eucariota, núcleo, nucleolo, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, ribosomas, telofase, gametos, fecundación, plantas, transporte, membrana mitocondrial, citoplasma, síntesis de proteínas, proteínas, ARN mensajero, información, pared, lípidos, glúcidos, ácidos nucleicos, agua, sales minerales.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso ("no lo podrías dibujar, tendrías que contener mucha información en unas pocas imágenes y es muy complejo")	Uso	<ul style="list-style-type: none"> Glúcido: forma cíclica. Proteína: gráfica de catálisis. Lípido: plastilina amarilla. Ácido nucleico: cadena de bolas. Energía: bombilla. Entropía: habitación desordenada. Catabolismo: no le sugiere nada; no, lo único asociarlo con lo que estábamos haciendo en clase, con una, con una maquinaria de un reloj o una fábrica ¿sabes? Pero nooo, no me viene una visión así. Célula: la típica (de libro) animal. Fija. Meiosis: célula a punto de dividirse (imagen dinámica). Reproducción: unión de gametos. (imagen dinámica). Anabolismo: construcción con legos. Ser vivo: plantas, personas, ... Nutrición: transporte de membranas. (imagen dinámica). Relación: relaciones del ecosistema.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas (inferencias desde la imagen: su disposición ... funcionamiento)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> cada orgánulo constituye por así decir una "cadena" de montaje en la cual se lleva a cabo la información específica de cada uno estando todos relacionados entre sí, formando en conjunto una <<gran fábrica>>. Extrabiol./repetición de clase. 	<ul style="list-style-type: none"> fábrica: "... de ahí que formen una cadena semejante a la producción de una fábrica". Extrabiol./repetición de clase. Maquinaria de un reloj. Extrabiol./autónoma. Fábrica otra vez: explica muy bien todo su funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> catabolismo: maquinaria de un reloj o una fábrica. Extrabiol./autónoma y repetición de clase respectivamente. Anabolismo: juego de construcción con legos. Extrabiol./autónoma.

- pág. 7 (1): se refuerza lo que dice en cuestionario 1 -imágenes y texto. Ha cambiado cosas en los dibujos.
- Pág. 8 X: "me he hecho como un esquema y he puesto lo más simple ... no tan ... complejo".

NOMBRE: Sara

CURSO: COU B

FECHA: 20-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, teoría celular, unidad fundamental con vida, estructural, fisiológica, procariota, eucariota, metabolismo, vegetales, animales, anabolismo, catabolismo, neoglucogénesis, glucógenogénesis, fotosíntesis, glucólisis, materia orgánica, materia inorgánica, ciclo de Krebs, fermentaciones, cadena transportadora de electrones, fosforilación oxidativa, energía en forma de ATP, funciones vitales.	Célula, nutrición, relación, reproducción, núcleo, hialoplasma, membranas, anabolismo, catabolismo, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, materia, energía.	Materia, energía, anabolismo, catabolismo, núcleo, ADN, ARN, ribosomas, retículo endoplasmático, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, membrana, transporte, mitocondria, fosforilación oxidativa, β -oxidación, cloroplastos, fotosíntesis, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, digestión, almacenamiento, citoplasma, ciclo de Krebs, nutrición, relación, reproducción, principios inmediatos, ácidos nucleicos, proteínas, glúcidos, lípidos, célula, vida, glucólisis, anabolismo.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: unidad fundamental con vida, energía en forma de ATP)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Explicativas	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas (Ej: cadena transportadora de electrones -en la cual mediante - fosforilación oxidativa; o célula - según- teoría celular)	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Coherente	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
			Ubica los procesos en los orgánulos, los integra

NOMBRE: Sara

CURSO: COU B

FECHA: 21-2-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Célula, núcleo, membranas, proteínas, información, transporte, ARN mensajero, retículo endoplasmático liso, ARN transferente, energía, materia, vacuolas, mitocondria, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, citoplasma, lisosomas, desecho.	Materia, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, proceso metabólico, vida, seres vivos, energía, células, membranas, animal, plasmólisis, turgencia, agua, sales minerales, nutrición, funciones vitales, transmisión, procariota, eucariota, vegetales, mitosis, reacciones, relación, reproducción, entropía, nutrientes, transporte, organismo.	Reacciones, organismo, anabolismo, síntesis, catabolismo, cloroplastos, fotosíntesis, fermentación, combustión, energía, células, vegetales, materia, nutrición, funciones vitales, autótrofo, heterótrofo, glúcidos, vida, lípidos, glucólisis, seres vivos, nutrientes, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, hialoplasma, fotosistema, fotólisis, monosacáridos, ATP, membrana, anaeróbico, medio, principios inmediatos, reserva.	Vida, organismo, procariota, eucariota, núcleo, orgánulos, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, membrana plasmática, citosol, vegetales, pared celular, animales, metabolismo, síntesis, materia, anabolismo, degradación, catabolismo, glucólisis, fermentación, ciclo de Krebs, β -oxidación, cadena respiratoria, mitocondria, ácido graso, lípidos, energía, dictiosomas, proteínas, retículo endoplasmático, secreción, excreción, ribosomas, permeabilidad, nutrientes, célula, enzimas, aminoácidos, membrana nuclear, crestas mitocondriales, autoensamblaje, autosellado, fluidez, ATP, vesículas, síntesis de proteínas, glúcidos, transporte.	Proteínas, metabolismo, energía, reserva, célula, membranas, orgánulos, plasmática, medio, especificidad, catálisis, combustión, enzimas, principios inmediatos, traducción, información, núcleo, transcripción, ADN, ARN, eucariotas, genes, ribosomas, ARN mensajero, aminoácidos, síntesis proteica, codón, sistema inmunitario, entropía, linfocitos, antígeno, secreción, anticuerpos, permeabilidad, vacunas, sueros, reacciones, desnaturalización, organismo, ATP.	Cromosomas, células, reproducción, gen, euploidía, aneuploidía, profase, cromátidas, variabilidad genética, sobrecruzamiento, gametos, mitosis, diploides, haploides, meiosis, herencia, animales, vida, sexo, plantas, ADN, proteínas, nucleótidos, información, síntesis, ARN, ribosoma, núcleo, interfase, membrana, centrómeros, huso mitótico, centriolos, membrana nuclear, nucleolo, citoplasma, inversión, duplicación, paquiteno, zigoteno, reproducción asexual, síntesis de proteínas, ARN transferente, ARN ribosómico, ARN mensajero, ARN nucleolar, aminoácido, citocinesis, leptoteno, diploteno, diacinesis, retrocruzamiento, homocigótico, heterocigótico.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma (¡me costó decidir!)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya muy bien en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas (Ej: preg. 5 A)	Elaboradas (Ej: CIH con la celulosa) (¡no tanto! Preg. 6 – 24-1-99)	Elaboradas (interpreta apoyándose bien en la foto) (Ej: preg. 5 A)	Elaboradas (Ej: preg. 5)	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	Capilaridad por fuerzas de cohesión -agua: asemejando una maniobra de "escalada".	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Sara

CURSO: COU B

FECHA: 21-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<p>Centriolos, membrana nuclear, núcleo celular, cromosomas, ADN, ARN, citoplasma, mitocondria, vacuolas, membrana celular, nucleolo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¡ojo! En el 2º dibujo no localiza nada y sólo señala dónde están los cromosomas; explica. • Comentario hecho en el 2º dibujo: no lo podría dibujar pues es un proceso muy largo y que debería ir acompañado de explicaciones, pues es muy complicado. Tendrías que contener mucha información en unas pocas imágenes y es muy complejo". 	<ul style="list-style-type: none"> • 1º pregunta de dibujo: 3 dibujos y sin nombrar nada. <p>Mitocondria, respiración celular, núcleo, información, síntesis, materia, organización, célula, membrana plasmática, transporte, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vacuola, reserva, desecho, citoplasma, principios inmediatos, degradación, cloroplasto, glúcidos, fotosíntesis, proteínas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, nucleolo, endocitosis, exocitosis, peroxisoma.</p>	Aparato de Golgi, síntesis, lípidos, lisosomas, membrana plasmática, transporte, retículo endoplasmático rugoso, proteínas, retículo endoplasmático liso, citoplasma, procesos metabólicos, mitocondria, célula, degradación, energía, vegetales, pared celular, vacuolas, reserva, núcleo, información, nucleolo, cloroplastos, materia.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación y comentarios de funciones con palabras y frases (párrafos largos)	Identificación y comentarios de funciones con palabras. (localización de las mismas)	Identificación y comentario de funciones (localización de las mismas)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

* ¡Ojo! Sara usa palabras de uso común que en ella he considerado como síntesis, degradación y algunas más; debería ver si hago lo mismo en todos.

NOMBRE: Sara

CURSO: COU B

FECHA: 21-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Células, vida, reacciones, membrana, núcleo, orgánulos, ácidos nucleicos, energía, materia, información, enzimas, ARN mensajero, cromosomas, nutrientes, organización, coordinación, dependencia, vacuolas, centriolos, membrana nuclear, ADN, citoplasma, mitocondria, nucleolo.
Origen de la vida 18/11/96	Materia, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, proceso metabólico, vida, seres vivos, energía, células, membranas, animal, plasmólisis, turgencia, agua, sales minerales, nutrición, funciones vitales, transmisión, procariota, eucariota, vegetales, mitosis, reacciones, relación, reproducción, entropía, nutrientes, transporte, organismo.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones, organismo, anabolismo, síntesis, catabolismo, cloroplastos, fotosíntesis, fermentación, combustión, energía, células, vegetales, materia, nutrición, funciones vitales, autótrofo, heterótrofo, glúcidos, vida, lípidos, glucólisis, seres vivos, nutrientes, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, hialoplasma, fotosistema, fotólisis, monosacáridos, ATP, membrana, anaeróbico, medio, principios inmediatos, reserva.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Célula, teoría celular, unidad fundamental con vida, estructural, fisiológica, procariota, eucariota, metabolismo, vegetales, animales, anabolismo, catabolismo, neoglucogénesis, glucógenogénesis, fotosíntesis, glucólisis, materia orgánica, materia inorgánica, ciclo de Krebs, fermentaciones, cadena transportadora de electrones, fosforilación oxidativa, energía en forma de ATP, funciones vitales.
ex. LÍP. 26/2/97	Vida, organismo, procariota, eucariota, núcleo, orgánulos, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, membrana plasmática, citosol, vegetales, pared celular, animales, metabolismo, síntesis, materia, anabolismo, degradación, catabolismo, glucólisis, fermentación, ciclo de Krebs, β -oxidación, cadena respiratoria, mitocondria, ácido graso, lípidos, energía, dictiosomas, proteínas, retículo endoplasmático, secreción, excreción, ribosomas, permeabilidad, nutrientes, célula, enzimas, aminoácidos, membrana nuclear, crestas mitocondriales, autoensamblaje, autosellado, fluidez, ATP, vesículas, síntesis de proteínas, glúcidos, transporte.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, metabolismo, energía, reserva, célula, membranas, orgánulos, transporte, membrana plasmática, medio, especificidad, catálisis, combustión, enzimas, principios inmediatos, traducción, información, núcleo, transcripción, ADN, ARN, eucariotas, genes, ribosomas, ARN mensajero, aminoácidos, síntesis proteica, codón, sistema inmunitario, entropía, linfocitos, antígeno, secreción, anticuerpos, permeabilidad, vacunas, sueros, reacciones, desnaturalización, organismo, ATP.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Célula, nutrición, relación, reproducción, núcleo, hialoplasma, membranas, anabolismo, catabolismo, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, materia, energía.
ex. AN. 12/5/97	Cromosomas, células, reproducción, mutaciones, gen, euploidía, aneuploidía, profase, cromátidas, variabilidad genética, sobrecruzamiento, gametos, mitosis, diploides, haploides, meiosis, herencia, animales, vida, sexo, plantas, ADN, proteínas, nucleótidos, información, síntesis, ARN, ribosoma, núcleo, interfase, membrana, centrómeros, huso mitótico, centriolos, membrana nuclear, nucleolo, citoplasma, inversión, duplicación, paquiteno, zigoteno, reproducción asexual, reproducción sexual, síntesis de proteínas, ARN transferente, ARN ribosómico, ARN mensajero, ARN nucleolar, aminoácido, citocinesis, leptoteno, diploteno, diacinesis, retrocruzamiento, homocigótico, heterocigótico.
Símil de la fábrica 12/5/97	Célula, núcleo, membranas, proteínas, información, transporte, ARN mensajero, retículo endoplasmático liso, ARN transferente, energía, materia, vacuolas, mitocondria, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, citoplasma, lisosomas, desecho.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Aparato de Golgi, síntesis, lípidos, lisosomas, membrana plasmática, transporte, retículo endoplasmático rugoso, proteínas, retículo endoplasmático liso, citoplasma, procesos metabólicos, mitocondria, célula, degradación, energía, vegetales, pared celular, vacuolas, reserva, núcleo, información, nucleolo, cloroplastos, materia.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Materia, energía, anabolismo, catabolismo, núcleo, ADN, ARN, ribosomas, retículo endoplasmático, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, membrana, transporte, mitocondria, fosforilación oxidativa, β -oxidación, cloroplastos, fotosíntesis, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, digestión, almacenamiento, citoplasma, ciclo de Krebs, nutrición, relación, reproducción, principios inmediatos, ácidos nucleicos, proteínas, glúcidos, lípidos, célula, vida, glucólisis, anabolismo.
Cuestionario final 28/5/97	Célula, vida, seres vivos, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, síntesis, degradación, principios inmediatos, orgánulos, información, mitosis, meiosis, citoquinosis (!), mitocondria, respiración celular, núcleo, organización, membrana plasmática, transporte, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vacuola, reserva, desecho, citoplasma, cloroplasto, fotosíntesis, glúcidos, proteínas, metabolismo, endocitosis, exocitosis, peroxisoma, nucleolo, anabolismo, catabolismo, glucógenogénesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena transportadora, fermentación, β -oxidación, medio, organismos.
Entrevista. 11/6/97	Funciones vitales, células, metabolismo, nutrientes, ser vivo, orgánulos, vida, complejidad, energía, materia, degradación, catabolismo, relación, principios inmediatos, enzimas, animal, eucariota, núcleo, nucleolo, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, ribosomas, telofase, gametos, fecundación, plantas, transporte, membrana mitocondrial, citoplasma, síntesis de proteínas, proteínas, ARN mensajero, información, pared, lípidos, glúcidos, ácidos nucleicos, agua, sales minerales.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Membrana, núcleo, orgánulos, cromosomas, vacuolas, centriolos, membrana nuclear, citoplasma, mitocondria, nucleolo.	Membranas.	Cloroplastos, hialoplasma, membrana.	-	Núcleo, orgánulo, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, membrana plasmática, citosol, pared celular, mitocondria, dictiosomas, retículo endoplasmático, ribosomas, membrana nuclear, crestas mitocondriales, vesículas.	Membranas, orgánulos, membrana plasmática, núcleo, ribosomas.	Núcleo, hialoplasma, membranas.	Cromosomas, ribosoma, núcleo, membrana, centrómeros, huso mitótico, centriolos, membrana nuclear, nucleolo, citoplasma.	Núcleo, membranas, retículo endoplasmático liso, vacuolas, mitocondria, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, citoplasma, lisosomas.	Aparato de Golgi, lisosomas, membrana plasmática, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, citoplasma, mitocondria, pared celular, vacuolas, núcleo, nucleolo, cloroplastos.	Núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, membrana, mitocondria, aparato de Golgi, lisosomas, citoplasma.	Orgánulos, mitocondria, núcleo, membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, vacuola, citoplasma, cloroplasto, peroxisoma, nucleolo.	Orgánulos, núcleo, nucleolo, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, ribosomas, membrana mitocondrial, citoplasma, pared.	AG5,centriolo2,centrómero1,ctpl7,cts11,clpt4,crmit1,crma2,dictiosoma1,hpl2,husomit1,liss4,mnbr12,mmbrmit1,mmbrnucl3,mmbrplasm4,mitc7,núcleo10,nucleolo5,org5,paredcel2,peroxisoma1,RE6,REL4,RER4,rib6,vesc1.
Moléculas	Ácidos nucleicos, enzimas, ARN mensajero, nutrientes, ADN.	Principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, agua, sales minerales, nutrientes.	Glúcidos, lípidos, nutrientes, monosacáridos, ATP. Principios inmediatos.	-	Ácido graso, lípidos, proteínas, nutrientes, enzimas, aminoácidos, ATP, glúcidos.	Proteínas, enzimas, principios inmediatos, ADN, ARN, genes, ARN mensajero, aminoácidos, codón, ATP.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos.	Gen, cromátidas, ADN, proteínas, nucleótidos, ARN, ARN transferente, ARN mensajero, ARN ribosómico, ARN nucleolar, aminoácido.	Proteínas, ARN mensajero, ARN transferente.	Lípidos, proteínas.	ADN, ARN, principios inmediatos, ácidos nucleicos, proteínas, lípidos, glúcidos.	Principios inmediatos, glúcidos, proteínas.	Nutrientes, principios inmediatos, enzimas, proteínas, ARN mensajero, lípidos, glúcidos, ácidos nucleicos, agua, sales minerales.	AN5,ADN4,agua2,aa2,ARN6,ARNm5,ARNt2,ATP3,cromát1,e n4.gen2,glú c7,líp7,monosac1,nucleóti do1,nutriente 5,PI6,prot10, sm2.
PROCESOS Mts.	-	Proceso metabólico.	Anabolismo, síntesis, catabolismo, fotosíntesis, fermentación, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, fotosistema, fotólisis,	Metabolismo, anabolismo, catabolismo, neoglucogénesis, glucógeno, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs, fermentación, cadena transportador	Metabolismo, síntesis, anabolismo, degradación, catabolismo, glucólisis, fermentación, ciclo de Krebs, β-oxidación, cadena respiratoria, secreción,	Metabolismo, reserva, catálisis, traducción, transcripción, síntesis proteica, secreción.	Anabolismo, catabolismo.	Síntesis, síntesis de proteínas.	Desecho.	Síntesis, procesos metabólicos, degradación, reserva.	Anabolismo, catabolismo, fosforilación oxidativa, β-oxidación, fotosíntesis, digestión, almacenamiento, ciclo de Krebs, glucólisis, metabolismo.	Síntesis, degradación, respiración celular, reserva, desecho, fotosíntesis, metabolismo, anabolismo, catabolismo, glucógeno, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de	Metabolismo, degradación, catabolismo, síntesis de proteínas.	Anb6,autóf1,â-ox3,cadresp2,cat7,catálisis1,cKrs5,des echo2,digest1,fermet4,ffox2,ftst4,glucogén1,glucógenogén2,glucólisis5,heteróf1,mtb6,resp1,respcel1,secrec2,síntesis9,

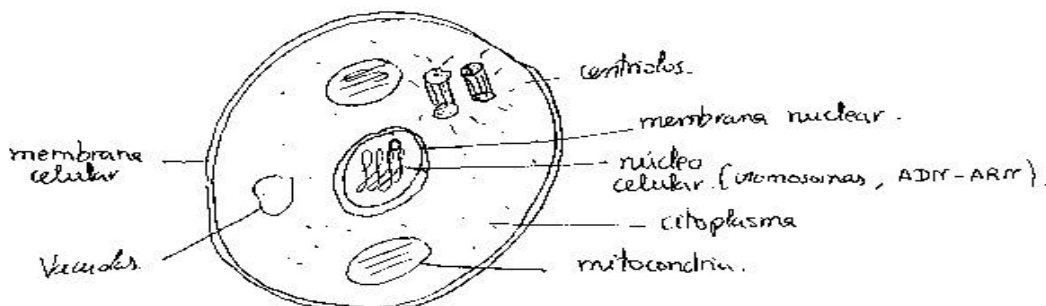
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
			anaeróbico, reserva.	a de electrones, fosforilación oxidativa.	síntesis de proteínas.							Krebs, cadena transportadora, fermentación, β -oxidación.		sprot4, traducción, transcripción.
Otros	-	Plasmólisis, turgencia, nutrición, funciones vitales, transmisión, mitosis, relación, reproducción, transporte.	Nutrición, funciones vitales.	Funciones vitales.	Transporte.	Transporte.	Nutrición, relación, reproducción.	Reproducción, mutaciones, euploidía, aneuploidía, profase, sobrecruzamiento, mitosis, diploides, haploides, meiosis, inversión, duplicación, paquiteno, zigoteno, reproducción asexual, reproducción sexual, citocinesis, leptoteno, diploteno, diacinesis.	Transporte.	Transporte.	Transporte, nutrición, relación, reproducción.	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, mitosis, meiosis, citocinesis, transporte, endocitosis, exocitosis.	Funciones vitales, relación, telofase, transporte.	Aneuploidía, citocinesis, diploide, diploteno, duplicación, endocitosis, euploidía, exocitosis, funciones vitales, FV5, haploides, inversión, meiosis, mitosis, mutación, plasmólisis, profase, reproducción asexual, reproducción sexual, telofase, transporte, urgencia.
CONCEPTOS GRALES:	Célula, vida, reacciones, energía, materia, información, organización, coordinación, dependencia.	Materia, vida, seres vivos, energía, células, animal, procariota, eucariota, vegetales, reacciones, entropía, organismo.	Reacciones, organismo, combustión, energía, células, vegetales, materia, vida, seres vivos, medio.	Célula, vegetales, animales, materia.	Vida, organismo, procariota, eucariota, vegetales, animales, materia, energía, célula.	Energía, célula, medio, combustión, información, eucariotas, entropía, reacciones, organismo.	Célula, materia, energía.	Células, variabilidad genética, herencia, animales, vida, plantas, información.	Célula, información, energía, materia.	Célula, energía, vegetales, información, materia.	Materia, energía, célula, vida.	Célula, vida, seres vivos, información, organización, medio, organismos.	Células, ser vivo, vida, complejidad, energía, materia, animal, eucariota, plantas, información.	Ani5, célula, energía, entropía, eucariota, genética, herencia, información, materia, medio, organismo, organización, vida, información.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	Permeabilidad, autoensamblaje, autosellado, fluidez.	Especificidad, sistema inmunitario, linfocitos, antígeno, anticuerpos, permeabilidad.	-	Sexo, interfase, retrocruzamientos, homocigótico, heterocigótico.	-	-	-	-	Gametos, fecundación.	Anticuerpo, antígeno, autoensamblaje, autoespecificidad, fluido, gameto, interfase, lin.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
						d, vacunas, sueros, desnaturalización.		o.						focito1, perm eabilidad2, se xo1, sistinmu nitario1, suer o1, vacuna1.
MODELO	B	¿B?/C	C	B	C	C	C	C	¿B?/C	B	C	C	C	C

Las producciones y verbalizaciones recogidas de Sara a lo largo del curso escolar nos dan pie para pensar que ha operado básicamente en todo él construyendo como fondo o sustrato en su mente un modelo mental de la célula global, integrado, compacto, un intermediario que le ha permitido procesar toda la nueva información que ha recibido que atendía tanto a su estructura como a su funcionamiento, estableciendo conexiones y correlaciones entre ambos aspectos que la han dotado de causalidad en la comprensión de este complejo concepto, como es la célula, un análogo estructural que ha actuado como puente y que responde con bastante fiabilidad, más simple, pero fiel a la entidad real -biológica- que representa. En algunos momentos, sin embargo, ese análogo no fue tan explicativo, tan predictivo, no dio muestras de haberla dotado de una comprensión aceptable de la misma pero, en todo caso, son pocos y, de cualquier manera, lo que llama la atención es ese modo de pensar en la célula mayoritariamente causal, un modelo que se ve extraordinariamente enriquecido en sus elementos constituyentes, una representación que maneja con profusión un elevado número de conceptos tanto estructurales como funcionales y que lo hace, a juzgar por la forma de usarlos, mostrando que para ella han adquirido significado, que tienen en su mente sentido biológico. Su modelo recurre a imágenes sólo cuando se le solicitan explícitamente y, en todo caso, son diseños muy simples, son estáticos, librescos, encontrándose más cómoda cuando se mueve en el terreno del discurso; alguna que otra vez parece usar estas simples imágenes pero no da la impresión de que opere apoyándose en ellas, de que organice y siga sus razonamientos y explicaciones articuladas con las mismas. De lo anterior se deriva como conclusión que Sara se caracteriza, como decíamos, por trabajar frente al contenido celular con un modelo mental causal, global, modelo que se ha tipificado como modelamental C y que con él acaba el curso.

Cuando Sara hace el cuestionario inicial (18-10-96), se observa desde este primer registro que elabora de forma personal sus frases y que con ellas construye un discurso bien hilvanado que comunica la autónoma organización que lleva a cabo de la información con la que cuenta y de la que dispone; sus deducciones y sus inferencias son elaboradas. Ante la demanda de representar una célula y de hacer un dibujo de la misma, esta alumna responde:

“Podemos representar una célula como la unidad básica de la vida, ya que en ella se dan o realizan las reacciones necesarias para nuestra subsistencia. La representaría como una estructura generalmente de forma casi esférica, aislada del exterior por una membrana y que está constituida por un núcleo, donde se dirigen todos los procesos y una serie de orgánulos donde se llevan a cabo las órdenes enviadas por los ácidos nucleicos; gracias a los cuales (orgánulos) obtenemos la energía y materia necesaria para vivir”.



Se refiere, como vemos, básicamente a estructuras, pero no está pensando sólo en una estructura, es decir, imprime a esta “cosa” de una cierta forma de actuar a través de las reacciones y de lo que pasa en ella con la materia y la energía. Sara imagina la célula como un conjunto de elementos que hacen determinadas acciones y para exteriorizarlas echa mano de algunas analogías que imprimen dinamismo lo que ya, de por sí, supone

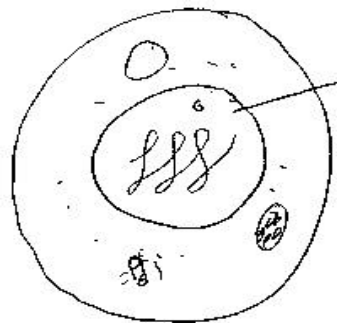
una idea funcional en su cabeza en la medida en que requiere elementos que sean análogos a las células y que, además, funcionen de manera también similar a como ella cree que funciona en “su” célula.

- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona (una célula)?
- *“La célula está compuesta de orgánulos, regidos o mandados por el núcleo que elabora la información, que será ejecutada en el resto de orgánulos.”*
- *Cada orgánulo constituye, por así decir, una “cadena de montaje” en la cual se lleva a cabo la información específica de cada uno, estando todos relacionados entre sí, formando en conjunto una “gran fábrica”.*
- *Además de esto en cada orgánulo existen una serie de moléculas necesarias para realizar las reacciones, tal es el caso de la(s) enzimas, que catalizan todas las reacciones; y además debe hacer un ARN mensajero que transporte la información desde el núcleo hasta cada orgánulo”.*

Y, como decíamos, usa alguna imagen cuando se le pide, pero simple y no puede explicar con imágenes, no articula el razonamiento con ellas sino con el discurso, lo que se evidencia cuando se le pregunta qué haría si tuviera que dibujar el funcionamiento celular.

“Cromosomas se desdobl原因 y crean una copia ARN, en el cual está contenida la información necesaria, que a través de un ARN mensajero es enviada a cada orgánulo, donde se ejecutará, dando lugar, tras muchas reacciones y un largo proceso a la materia y energía necesaria; todo ello obtenido a partir de la transformación de nutrientes.

No lo podría dibujar, pues es un proceso muy largo y que debería de ir acompañado de explicaciones, pues es muy complicado. Tendrías que contener mucha información en unas pocas imágenes y es muy complejo”.



Ya desde este primer momento se manifiesta una concepción de célula como ente complejo que depende de una organización, de una coordinación, de una dependencia, que supone lugares y estructuras específicas que se relacionan para adquirir la condición de cosa “viva”.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Le hace falta: ser capaz de sobrevivir y obtener energía a través de procesar nutrientes, es decir, estar viva.

Para serlo físicamente necesita tener una cierta organización, y orgánulos en donde se realicen las funciones.

Para funcionar como una célula, le hace falta una serie de lugares específicos para cada necesidad y relación entre ellos, coordinación y dependencia unos de otros”.

Y es curioso que habiendo dotado a “su” célula en lo que responde en este instrumento de esa condición de vida, habiéndola pensado como algo más que una estructura, no haya usado ni un solo concepto funcional, haciendo descansar este dinamismo sólo en conceptos generales y en los verbos con los que construye sus frases. Podemos admitir, pues, que Sara ha tenido en mente un modelo de célula en este

momento que es dual porque es capaz de describir y relatar un conjunto de sus elementos constituyentes, por un lado, y, por otro, aunque sin establecer correlación directa con los mismos, es capaz de comunicar una forma de comportarse que le es característica, tímida e insuficiente en términos biológicos, pero presente en su mente; y esta representación dual es la que le permite hacer uso de las analogías que ha mostrado, analogías que son dinámicas y que serían imposibles de formular si esta joven trabajara sólo con una célula-estructura en su cabeza. Cuando hace el examen de origen de la Vida (18-11-96) podríamos pensar que ejecuta este mismo modelo o, quizás, que está reestructurándolo hacia otro más explicativo y más predictivo que la hace concebir la célula como una entidad más global. Su forma de manejar la información, sus frases, su discurso, sus razonamientos, sus inferencias y deducciones son similares a lo que ya nos encontramos en el registro anterior y van a ser así durante todo el curso, van a definir a Sara en su forma de exteriorizar su conocimiento. Ante este ejercicio observamos que hay sólo un concepto organular, “membranas”, usando, por el contrario, varios moleculares y en el terreno comportamental vemos pocas referencias a procesamiento de materia y energía pero varios relativos a procesos de diversa naturaleza que condicionan la forma de actuar de una célula. ¿Y cómo explica esta alumna este concepto en este momento?

“Es la unidad básica de la vida. En ella se producen todos los procesos necesarios para la nutrición y el resto de funciones vitales. En ella se contiene el material necesario para la transmic(s)ión de caracteres de generación en generación y para la realización de los procesos vitales. Existen dos tipos: la procariota y la eucariota; y ésta a su vez se divide en animales y vegetales”.

“Se producen procesos”, hay “transmisión”, pero no se refiere a nada relativo a elementos estructurales; ¿pensó sólo en una célula-funcionamiento? De ahí nuestra duda anterior al respecto porque ante lo anterior cabría pensar que efectivamente trabaja con un doble esquema en su mente rotando para unas demandas un “submodelo” estructural y para otras, un “submodelo” funcional; pero ello no le permitiría establecer deducciones válidas, razonamientos lógicos, sean éstos biológicamente consistentes o no, y no parece que sea eso lo que ocurre con Sara en esta ocasión. Veamos un ejemplo.

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchon y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.

“En estado vivo son turgentes pues tienden a mantener el equilibrio osmótico, es decir, que el agua del mar es una solución hipotónica con respecto a ella y tiende a captar agua del exterior. Cuando muere, todos los procesos biológicos se dejan de realizar y el equilibrio ya no se mantiene por lo que el agua pasa al mar y la medusa se deshinchon y arruga produciéndole plasmólisis. Además, si la medusa muere, sus células también, y se van degradando; los tejidos no ofrecen la misma resistencia y se rompen, dejando pasar el agua de la medusa al exterior”.

Ante su respuesta, no tenemos más opción que admitir que razona válidamente en términos funcionales y que, además, lo aplica al ámbito estructural pues los sustratos estructurales, las células, se degradan y se rompen. ¿No podríamos concluir, al ver esto, que trabaja mentalmente integrando aspectos funcionales y estructurales? Su modelo mental la ha dotado de poder predictivo, en este caso, y de poder explicativo, la ha dotado de comprensión sobre esa unidad de vida, le ha permitido percibirla y concebirla en términos biológicos de manera aceptable porque la puede modelar en toda su esencia, sin necesidad de usar, por ejemplo, conceptos metabólicos, pero exteriorizando su

significado, el que tiene para ella, con autonomía, aplicando correctamente los conceptos, ..., o sea, como se caracteriza su forma de escribir; y esto lo hace ante una pregunta que no se corresponde con el contenido conceptual precisamente, sino que actúa sobre lo que supone, fundamentalmente, valores y sentido o capacidad crítica. Veamos lo que hace Sara en este campo.

- “ Estamos constituidos fundamentalmente por agua, que apenas cuesta ; el carbono se valora en forma de carbón ; el calcio de nuestros huesos en forma de yeso ; el nitrógeno de nuestras proteínas en forma de aire (también barato) o el hierro de nuestra sangre en forma de clavos herrumbrosos. El cuerpo humano cuesta veinte duros, mil pesetas o una cifra parecida. (...). Harold Morowitz ha calculado lo que costaría reunir los constituyentes moleculares correctos que componen un ser humano, comprando las moléculas en casas de suministros químicos. La respuesta resulta ser de mil trescientos millones de pesetas aproximadamente. ¡Eso ya es otra cosa ! Pero ni aún así podríamos mezclar esas sustancias químicas y ver salir del bote a un ser humano”. (Rodríguez Gómez, Gil Flores y García Jiménez, 1996).
 - ¿Ves alguna relación entre este texto y las diferentes teorías sobre el origen de la vida ?. Razona tu respuesta argumentando cuál es tu posición relativa a este tema.
 - ¿Podemos relacionar este texto con otras teorías científicas para justificar la composición de la materia viva ?.

“Sí, tiene cierta relación con la teoría de la <<Generación Espontánea>> lo cual no quiere decir que el autor esté a favor de ella. Sino que valora los compuestos y elementos constitutivos del ser vivo como si únicamente el hecho de que estuviera formado de ellos fuera la clave de que se les considerara seres vivos.

Estoy de acuerdo en que sin ellos no podríamos ser o estar vivos, pero necesitamos que se den reacciones entre ellos, que haya un continuo construir y destruir de materia, que se realicen las funciones vitales de nutrición, relación y reproducción, y que estemos ordenados a costa del desorden exterior (entropía).

Además, para mi sería imposible dar un valor a los seres vivos, pienso que Harold Morowitz según mi opinión, no ha valorado o no se valora como un ser especial, sino como un fruto del dinero. Es algo que no se me ocurriría nunca, ya que los seres vivos somos demasiado complejos y realizamos muchos procesos a los que no se les puede poner precio, como lo hacemos con una blusa o cualquier objeto.

El texto nos da datos sobre la composición de la materia, como: agua, carbono, calcio, nitrógeno, hierro; pero sólo nos nombra unos pocos, y no nos explica para lo que es necesario o qué funciones desempeña; por este motivo, creo que no lo podríamos relacionar(lo) con otras teorías para justificar la composición, ya que sólo enumera algunos de los constitutivos de la misma”.

En el examen de Glúcidos (9-12-96) observamos que esta estudiante da muestras de ejecutar el mismo modelo, de poner en acción la misma representación como puente para responder a lo que se le pide y lo hace siguiendo el mismo formato en lo que a criterios de análisis de sus productos se refiere. Ese modelo la dota de comprensión sobre aquello que aborda y ello se manifiesta en lo siguiente:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.

- a) *“Porque la fermentación anaeróbica se realiza sin presencia de oxígeno; tiene que darse en un medio anaeróbico, es decir, reductor, pues el oxígeno haría que se produjera una combustión, y la energía en forma de dos ATP no se podría utilizar, ya que se perdería toda.*
- b) *No, las células vegetales también respiran. La fotosíntesis es tan solo un proceso para la transformación de materia inorgánica en materia orgánica necesaria para la nutrición, obteniéndose a partir de ella energía y estructuras de construcción; esto no quiere decir que las plantas no respiren, también necesitan oxígeno para realizar las funciones vitales. Lo que sucede es que durante la fotosíntesis obtienen más oxígeno del que utilizan y por eso lo desprenden como producto de desecho.*
- c) *El catabolismo no se diferenciaría aquí en autótrofo y heterótrofo ya que en ambos casos se desarrolla de una manera muy parecida por lo que la diferenciación no sería correcta, ya que ambos conllevan una obtención de ATP.*
- d) *No, los glúcidos son principios inmediatos necesarios para la vida. Entre los glúcidos el más importante es la glucosa, único monosacárido que utilizan las células nerviosas y el tejido muscular estriado para satisfacer sus necesidades energéticas. También los lípidos podrían darnos esta energía, pero constituyen grandes moléculas de reserva a largo plazo, por lo que los glúcidos al ser más fácilmente hidrolizables y en el caso de los disacáridos, son moléculas de reserva a corto plazo”.*

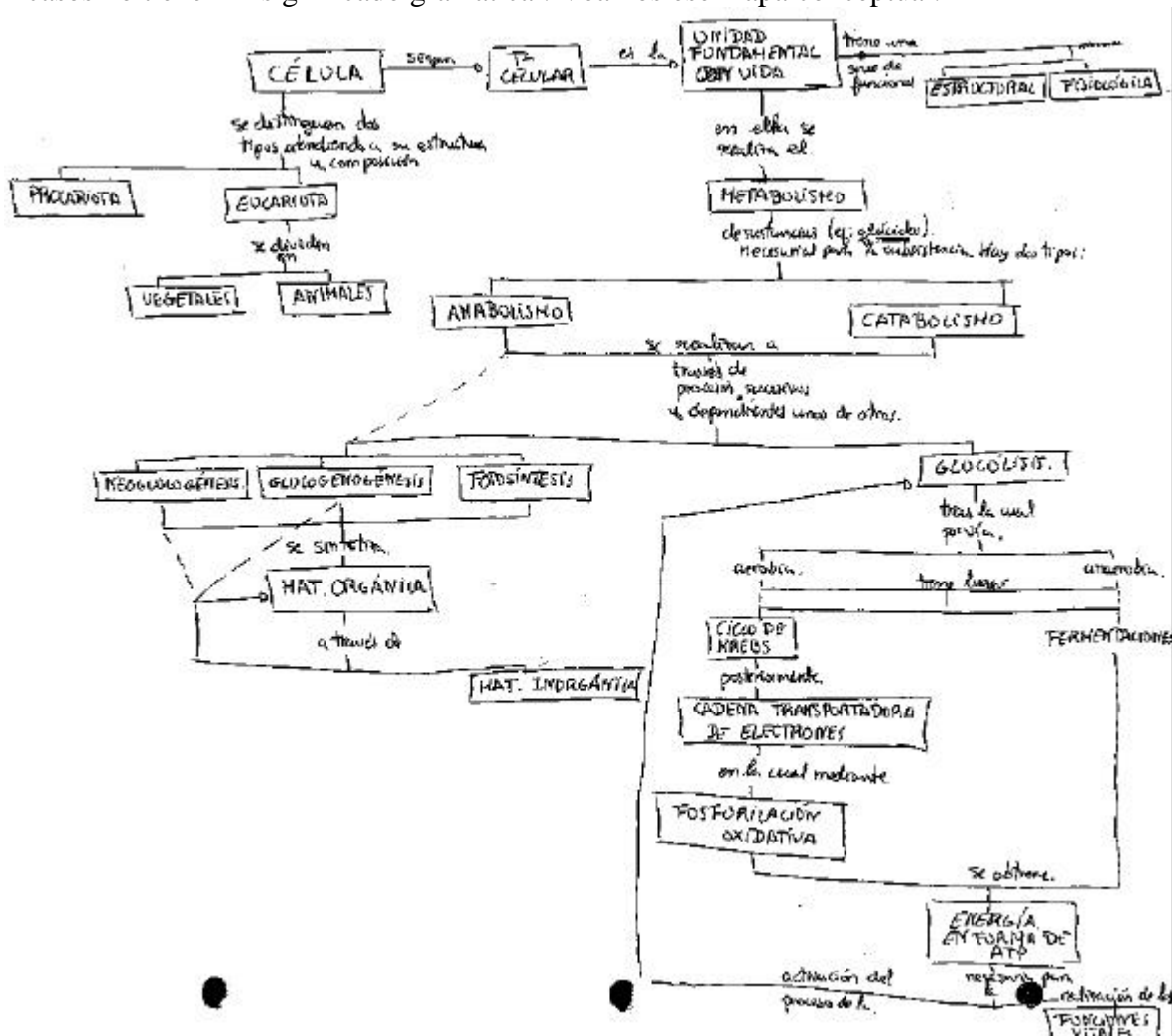
Hay dos detalles en la respuesta anterior que llaman la atención; el primero de ellos nos lo encontramos en el segundo apartado en el que explicita como finalidad del proceso respiratorio la obtención de “energía y estructuras de construcción”, lo que da pie para pensar que efectivamente trabaja integralmente en ambos aspectos. Pero ¿qué pasa en el cuarto apartado? A pesar de que se demanda de manera bastante concreta, Sara no da cuenta en su respuesta de la estructura celular. ¿Qué podemos pensar al respecto? ¿No hay una contradicción entre ambas respuestas en lo que al fondo, al sustrato representacional se refiere? Porque esta última respuesta podría hacernos pensar que esta alumna sólo está operando con una célula-funcionamiento y ello, además, vendría avalado por el escaso número de conceptos organulares al que recurre en todo el ejercicio. Hemos de admitir, en todo caso, que utiliza muchos conceptos moleculares que son los que, en definitiva, constituyen esos orgánulos y que es en este tema cuando se aborda por primera vez con rigor el contenido relativo a metabolismo, es decir, a procesamiento energético de la célula, un contenido muy complejo y abstracto que resulta de difícil comprensión y que cuesta interrelacionar con sus estructuras-soporte. Es posible, pues, que Sara esté captando toda esa esencia, toda esa complejidad aunque sea lenta y tímidamente y esté advirtiendo esas correlaciones aunque sean tan débiles como lo que nos muestra su respuesta al segundo apartado, que, en definitiva, esté reestructurando en términos globales su modelo para encajar toda la nueva información y que, de hecho, lo esté haciendo con sentido biológico si atendemos a la naturaleza y a la corrección de sus explicaciones. Pero Sara no sólo hace esto sino que también es capaz de razonar con cierta lógica biológica. Veamos un ejemplo.

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Durante la fase de ovulación se desprenden grandes cantidades de materiales y conlleva una gran actividad por lo que se desprenden glúcidos procedentes de las células y el aporte energético tiene que ser mayor ya que disminuyen las concentraciones de glucosa en la sangre, por eso creo que se puede producir esa apetencia de glúcidos.

Si no se le aportan glúcidos suficientes a una chica y a otra se le aportan más, puede que a la primera le sucedan fatigas y malestares debido a la insuficiencia de glúcidos y a la segunda no le pase lo mismo”.

Su primer mapa conceptual (8-1-97) puede entenderse como la consecuencia lógica de lo que se comentaba anteriormente; se ha producido una avalancha de nuevo contenido, un contenido complejo, abstracto, cargado de interacciones porque, de hecho, formalmente (desde el punto de vista de las categorías del contenido) es un conjunto de principios y eso, de por sí, supone relacionar diferentes conceptos a través de alguna operación que actúe sobre ellos y, como ya se vio en el examen de Glúcidos, procesar todo eso y darle sentido, atribuirle significado relacionándolo, además, con una estructura que lo soporte, no es fácil. La salida más inmediata, por economía mental, un principio que caracteriza también a los modelos mentales, es, en este caso, operar a un doble nivel, con un esquema dual, de tal manera que por una parte se atiende a la estructura, ésa que ya conocemos, y por otra al funcionamiento, ése que acabamos de estudiar en profundidad y que resulta tan complejo; el mapa que hace Sara no atiende sino a esto último a juzgar por su selección conceptual, su mente al hacerlo sólo tuvo presente “su” célula-funcionamiento. De hecho, y como consecuencia de ello, la selección, como hemos dicho, es arbitraria (incorporando, por ejemplo, frases), sus nexos son relativamente explicativos, pero las proposiciones resultantes en algunos casos no tienen ni significado gramatical. Veamos ese mapa conceptual.



El examen de Lípidos (26-2-97) vuelve a ser otro ejemplo de lo que caracteriza estas producciones de Sara: elaboración personal en sus frases, discurso coherente,

organización autónoma de la información que selecciona y procesa, deducciones e inferencias elaboradas y no uso de imágenes, lo que nos lleva definir como intermediario en este momento un modelo mental global, integrado, modelo C. Su forma de expresar el concepto célula en esta ocasión es como sigue:

“Es la unidad fundamental de vida; en ella se dan todos los procesos necesarios para la subsistencia del organismo. Se distinguen dos tipos de células:

- *procariotas.- sin núcleo diferenciado, no tienen la mayoría de los orgánulos.*
- *Eucariotas.- (animal, vegetal) poseen núcleo diferenciado y muchos orgánulos tales como: aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, membrana plasmática, citosol, ... y lo que los diferencia unas de otras es que las células vegetales poseen cloroplastos y pared celular así como gran cantidad de vacuolas, en cambio, las animales, no tienen estos orgánulos y en relación a las vacuolas no son numerosas.*

En ella y sus orgánulos tiene lugar el metabolismo celular, tanto la síntesis de materia (anabolismo) que tiene lugar en cloroplastos, citosol; y la degradación de materia (catabolismo) para la obtención de ATP, mediante procesos de glucólisis, fermentación, ciclo de Krebs, b-oxidación, cadena respiratoria, que tienen lugar en citosol y mitocondria”.

Parece mostrar en lo anterior que ha ganado poder explicativo, que su modelo es más comprensivo y que atiende indistintamente tanto a estructuras como a procesos, tanto al sustrato físico como a la dinámica que éste sigue y que caracteriza a una célula como tal. Y aunque no entre en profundidad en ellos, parece ir incorporando con sentido biológico todos esos procesos, todas esas reacciones que con rigor se abordaron por primera vez con el contenido trabajado para el examen de Glúcidos y a los que Sara da la sensación de que va dotando progresivamente de significado en su modelo. Trabaja mentalmente pensando en las moléculas y los orgánulos constituyentes de la célula y en lo que hacen y cómo se relacionan como consecuencia de sus propiedades y características y esto lo hace no sólo en términos teóricos sino en la resolución de un problema ante la que ejecuta su modelo rescatando y haciendo interaccionar el contenido trabajado en diferentes momentos y desde distintas perspectivas; ha ganado, pues, no sólo capacidad explicativa sino también predictiva.

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.

“Sí, los lípidos tienen propiedades de autoensamblaje, autosellado, fluidez y permeabilidad a ciertas sustancias. Estas propiedades son conferidas por los lípidos a la membrana plasmática.

Los liposomas son vesículas pequeñas cuya membrana está compuesta por fosfolípidos, y en su interior llevan productos cosméticos y medicamentos. Al ser compuestos por lípidos su permeabilidad se realiza rápidamente, proporcionando a la célula el agua y sustancias nutritivas que necesita. Además la capacidad de fluidez, permite que las sustancias se distribuyan por toda la superficie donde se apliquen. Pero, primeramente, deben de restaurarse las membranas celulares en concreto la membrana plasmática ya que de nada nos serviría aportar nutrientes si no pueden ser contenidos dentro de la célula. La ceramida y los fosfolípidos ayudan a restaurar la membrana al tratarse de lípidos dándole mayor rigidez y flexibilidad. Esta propiedad de reparación de las membranas la confieren los lípidos ya que tienen propiedad de autosellado, es decir, la capacidad de la unión de membranas de nuevo si se produce la lisis de la misma. Por tanto, estos dos lípidos ayudan a restablecer el equilibrio de la membrana y además aportan sustancias necesarias para la curación de la célula, es decir, agua y productos

nutritivos (hidratantes) afianzando la rigidez y buen funcionamiento de la célula, por este motivo, rejuvenecen las células”.

Nos encontramos los mismos signos cuando Sara hace el examen de Proteínas (14-3-97). Veamos cómo responde al papel de los enzimas en la estructura y en el funcionamiento celular.

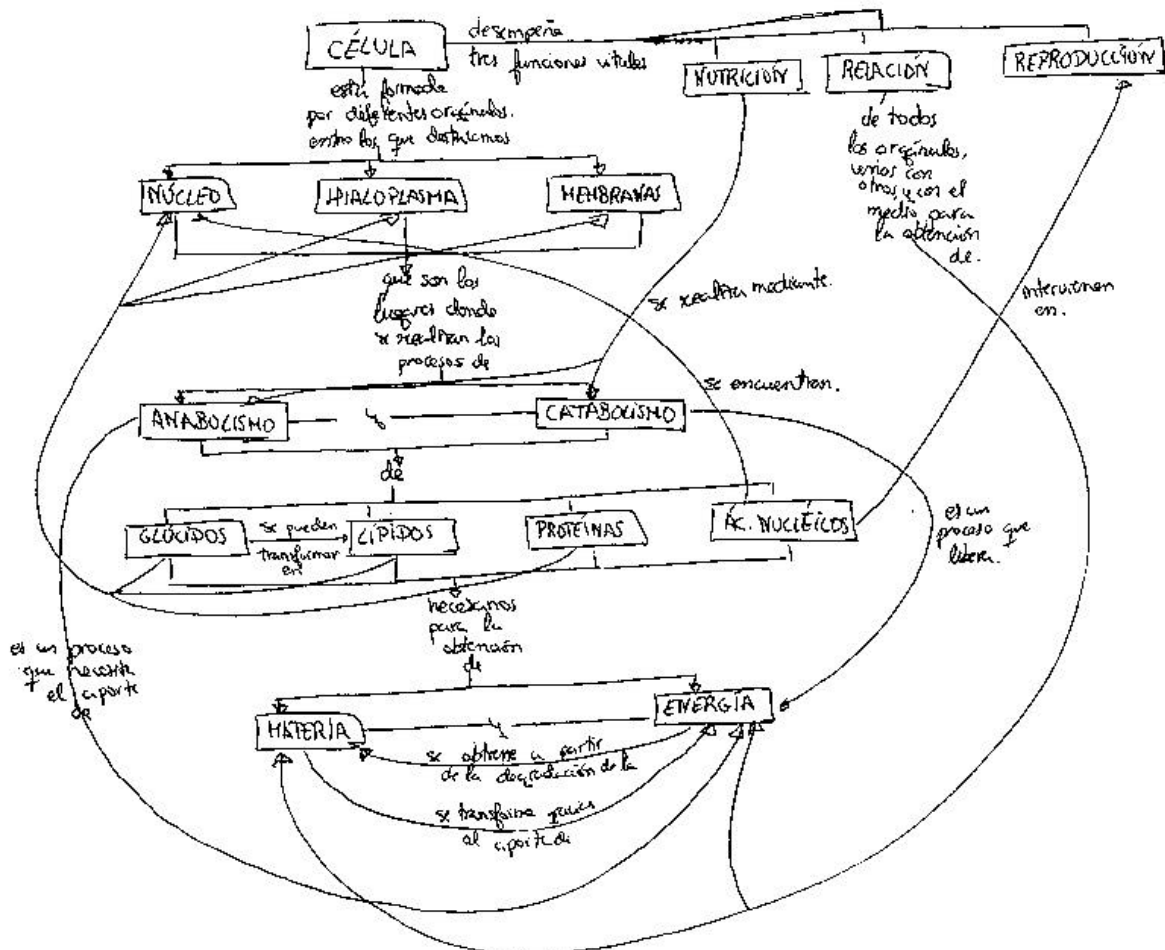
“Si no existieran las enzimas, se necesitaría más energía de activación para poder llevar a cabo la reacción Sustrato ® producto, y en ese caso, o no se realizaría por necesitar mucha energía o si se realizara se produciría la combustión de las estructuras y de la célula, por tanto. Además las enzimas son Principios Inmediatos Orgánicos, como proteínas que son, y que como su nombre indica son necesarios y se encuentran en todo el organismo, realizando multitud de funciones biológicas importantes”.

¿Pensó en la estructura celular? Hemos de admitir que hay sólo tímidos indicios de ello: “combustión de las estructuras y de la célula”, “se encuentran en todo el organismo”, lo que nos hace pensar que efectivamente está haciendo descansar ese proceso enzimático, esas reacciones, en una estructura celular. Y eso lo vemos nuevamente en lo que Sara responde ante una pregunta que aborda este mismo contenido pero en forma de problema, cuya resolución por parte de esta alumna nos ofrece un dato al respecto que, además, muestra el poder explicativo y predictivo que ha desarrollado como consecuencia del modelo mental que ha construido.

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 °; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
 - ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
 - Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
 - Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.
- “Para que esto se dé es necesaria la actuación de las enzimas que catalicen las reacciones metabólicas. Éstas disminuyen la energía de activación necesaria para el comienzo de la reacción, modelando la topografía y permitiendo que las reacciones se realicen más rápido y a temperaturas inferiores a lo que se supondría que debería de suministrar sin la acción de enzimas. Además, estas reacciones se dan de forma fraccionada para que la energía no se suministre toda a la vez, siendo suministrada de forma también secuenciada y produciéndose también el efecto “cascada”, para que el cuerpo no arda.
- Si necesitáramos suministrar tanta temperatura para degradar una molécula de glucosa todas las células arderían, y por tanto, todo el organismo. Por tanto, las enzimas provocan esta disminución de energía necesaria para que se produzca la reacción. Además, si esto ocurriera, es decir, si la temperatura fuera más alta de los límites, la actividad enzimática no daría los resultados esperados, también ocurriría con el cambio de pH. Tampoco se podrían utilizar proteínas, ya que se produciría la desnaturalización de las mismas, por lo que muchas de las funciones que realizan no se darían y el organismo, en general, no actuaría de forma correcta, llevando consigo, una destrucción del mismo, es decir de su estructura, contribuyendo al aumento de entropía. Si la degradación de la glucosa se realizara de golpe no se podrían establecer enlaces energéticos en forma de ATP por lo que la reacción no sería productiva.

- Si a una molécula de glucosa no se le proporcionan enzimas para disminuir la energía de activación, la reacción se realizará tan rápido y no dará el fruto necesario, es decir, le suministramos mucha energía. Además, si sometemos a una enzima a temperaturas altas o pH demasiado extremos, se producirá la desnaturalización de la misma y perdería su funcionalidad biológica”.

Veamos su segundo mapa conceptual (2-4-97). Se recordará que se solicita para expresar el conocimiento adquirido sobre la estructura y el funcionamiento de una célula pero limitando en esta ocasión el número de conceptos sólo a quince. La representación que parece estar detrás de este producto no debe ser otra que un modelo mental C, un modelo causal, global que ejecuta integrando todos los aspectos que determinan su esencia como unidad de vida, todos los elementos que maneja de manera integrada Sara en su cabeza para plasmar esa concepción de célula que ha desarrollado. Los conceptos que elige son adecuados y los une con relaciones explicativas, relaciones que expresan el sentido que les atribuye, dando como resultado proposiciones significativas biológicamente, proposiciones que, como consecuencia de su forma de entender la célula que plasma, deben ser significativas también en términos psicológicos, deben haber adquirido esos significados en su representación, en su modelo. Veamos tanto el mapa como su explicación.



“Los conceptos que he seleccionado me han parecido los más relevantes para explicar la estructura y el funcionamiento de la célula porque engloban, a mi ver, todo el tema a explicar y porque son los más importantes y los que más hemos estudiado.

El mapa conceptual no posee jerarquización, aunque he colocado el término célula como eje de explicación. Materia y energía los he colocado abajo, no con la intención de creer que son menos importantes ni mucho menos, sino por el simple motivo de intentar

reflejar que son el resultado de los diferentes procesos metabólicos aunque sin ellos no se p(r) odrían realizar los mismos.

También he incluido las tres funciones vitales porque sin ellas, es decir, sin su realización, la célula no podría subsistir. Las he colocado a la misma altura que célula porque creo que son de igual importancia y que si no se realizan las funciones vitales la célula muere y sin célula no se podrían realizar”.

Y otra vez el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) nos muestra los mismos indicios en su forma de procesar y de comunicar la información que utiliza. En sus explicaciones se apoya y echa mano indistintamente de elementos estructurales y de lo que les va ocurriendo en distintos procesos, como se muestra cuando explica los cambios que sufre el núcleo celular a lo largo de su vida, aunque quizás hemos de admitir que usa un formato excesivamente descriptivo lo que, por otra parte, puede ser signo de una alta capacidad de síntesis de esa información. Sigue articulada y coherentemente los razonamientos que le permiten dar cuenta de los problemas y cuestiones genéticos pero llama la atención que Sara deja sin respuesta la pregunta referida al papel que tienen los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento celular.

Atendemos ahora a cómo interpreta el gráfico que se le muestra para ver en qué medida refleja la estructura y el funcionamiento de una célula. Resulta llamativo que usa abundantes elementos conceptuales organulares y moleculares y sólo “desecho” y “transporte” como conceptos comportamentales, lo que nos podría conducir a la conclusión de que sólo ejecutó su “submodelo” estructural, “su” célula-estructura, lo que deriva en que debió haber generado un modelo dual; pero no parece ser éste el caso, no es un funcionamiento-suma lo que nos explica Sara, funcionamiento-suma que es característico de ese modelo dual, sino que ante su lectura observamos que esta joven empieza hablando de procesos, acciones, que tiene que hacer esa célula y luego busca la estructura que las haga, organizando su exposición y cerrándola advirtiendo la necesidad de correlación entre distintas partes y procesos, “como una cadena de montaje”, idea que ya explicitara en el cuestionario inicial. No parece que esta forma de explicar sea producto de un modelo parcial sino, más bien al contrario, el resultado o la exteriorización de un modelo mucho más global que la dota de comprensión en la medida en que refleja que Sara ha modelado esa entidad en toda su complejidad en su cabeza, la “ve” como esa cadena de montaje de la que nos habla.

“Ésta es una de las formas de explicación del funcionamiento de la célula, ya que refleja perfectamente los mecanismos que actúan en cada parte de la célula, e incluso parte de los productos que se obtienen.

En toda fábrica debe haber un mecanismo que regule todos los procesos, así como que contenga la información y órdenes necesarias para la fabricación. En la célula este proceso se realiza en el núcleo.

También debe haber un transporte de sustancias, es decir, sin materia prima no se pueden construir cosas o transformarlas. Por tanto, necesitaremos unas puertas de entrada y salida de productos. En la célula se encargará, la membrana y las proteínas asociadas a ellas de realizar este trabajo.

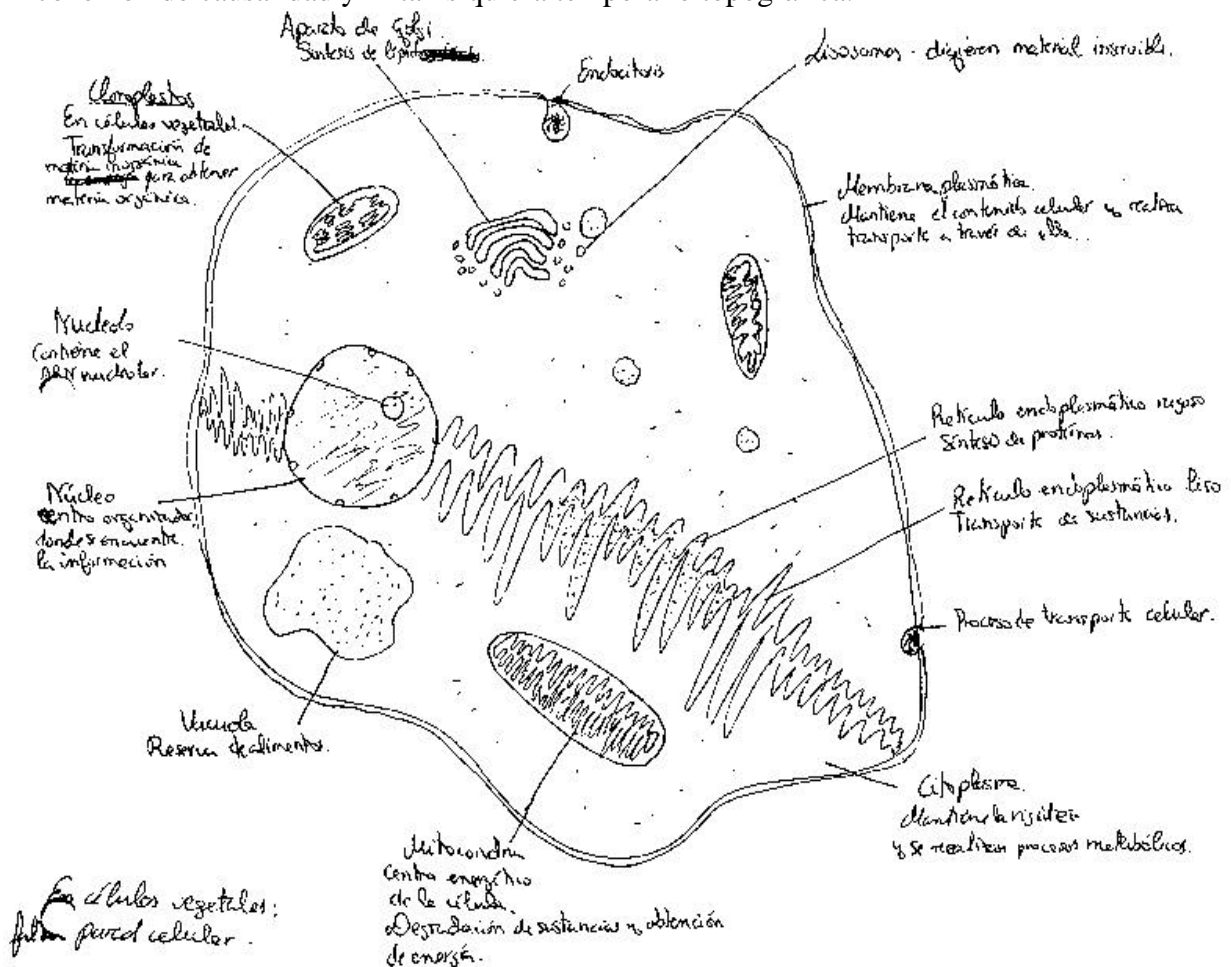
A su vez, necesitaremos de maquinaria de transporte, así como caminos por los que transportarlos. De esto se encarga el ARN mensajero, ARN transferente y el retículo endoplasmático liso.

El material que se ha comprado debe ser manufacturado y transformado en la sustancia que queramos comercializar, de tal modo que si hay exceso debe almacenarse en algún lugar. También, necesitamos una fábrica que nos proporcione la energía necesaria para desempeñar estos fines. (Vacuolas de almacenamiento y mitocondrias, y ribosomas del retículo endoplasmático rugoso disueltos en el citoplasma).

Pero de nada serviría una fábrica si no se cuida y mantiene; para esto debe haber un equipo de mantenimiento encargado de limpiar, y restaurar los daños sufridos (lisosomas). Deberemos también, destruir los productos de desecho o reciclarlos (vacuolas digestivas).

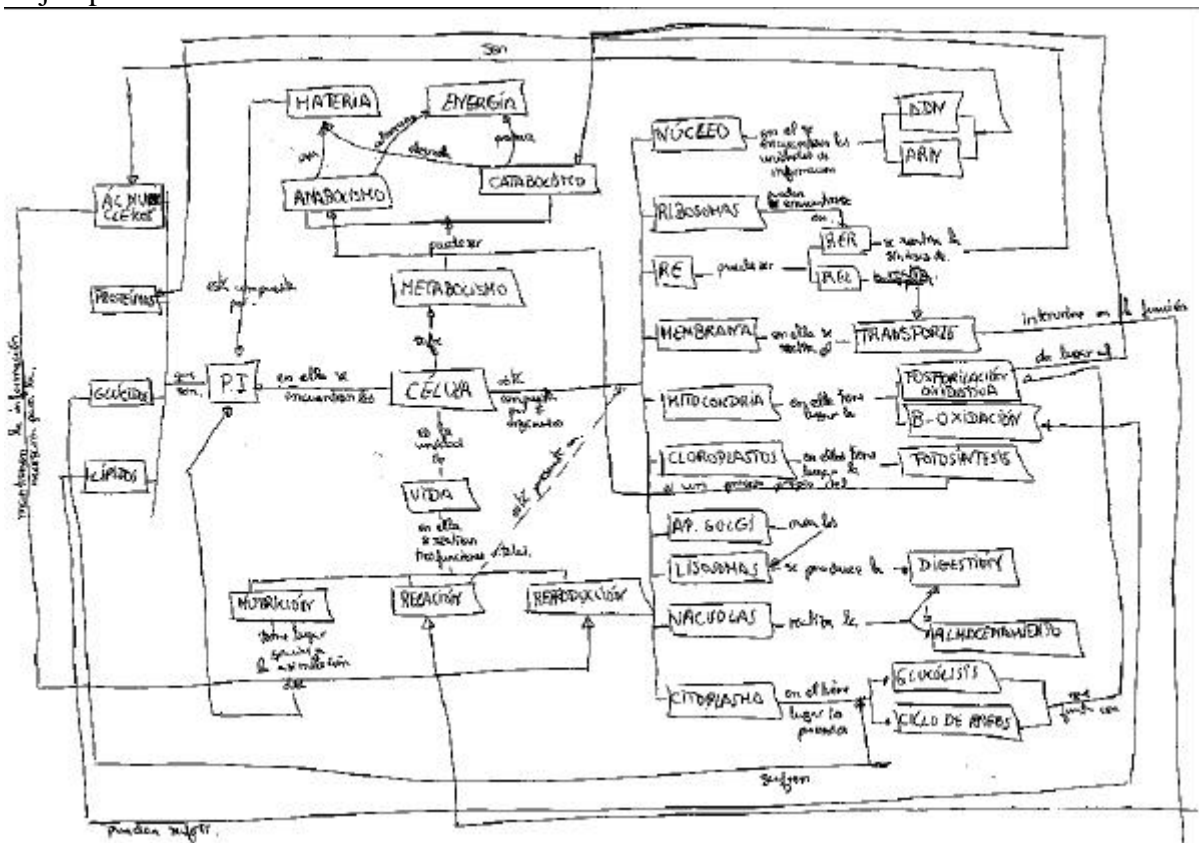
Por este motivo, la célula se suele asemejar a la cadena de montaje de una fábrica porque todos los procesos están interrelacionados”.

¿Qué pasa por la cabeza de esta alumna cuando le pedimos que haga un dibujo para plasmar estructura y funcionamiento celular (16-5-97)? Ya lo habíamos comentado: no da la impresión de que Sara razone con imágenes, piense con imágenes, “vea” la célula en toda su complejidad con imágenes, de manera gráfica –ella misma ya comentó al principio que necesitaría muchas imágenes para ello-; no son las imágenes o su manejo lo que la dota de la comprensión que ya se ha demostrado que tiene de la célula como tal, recurriendo en esta ocasión y ante esta tarea a elaborar un diseño libresco, prototípico, en el que identifica diferentes elementos estructurales y al lado de los mismos señala su papel biológico. ¡Ahora sí que estamos ante un funcionamiento-suma!, un modelo dual que está detrás del mismo en la medida en que ejecuta esa estructura a modo de catálogo y, paralela e independientemente, rota las acciones características de sus elementos constituyentes pero sin establecer la más mínima conexión de causalidad y ni tan siquiera temporal o topográfica.



Parece creíble, pues, que Sara no razona apoyándose en esas imágenes pero, aun así, ha desarrollado a lo largo de este tiempo una mayor comprensión acerca de la célula que se ve obligada a construir en su mente una y otra vez, una comprensión que ha ido aumentando en la medida en que se ha ido produciendo un paulatino enriquecimiento conceptual, incorporación que los datos aportados por Sara señalan que ha sido

significativa y que atiende a los tres conjuntos que definen ese modelo que lo permite, a saber: entidades (o sea, orgánulos y moléculas –más en este último ámbito), propiedades y características de los mismos (es decir, propiedades físico-químicas de las moléculas y de los orgánulos, así como características generales de la materia) y relaciones e interacciones entre ellos (todo aquello que se refiere a procesos, metabólicos o no, que suponen, como ya se expresó, principios pues relacionan conceptos a través de alguna operación o acción); éstos últimos son los que han sufrido un enriquecimiento espectacular y son los que dan razón de ser de “célula” como estructura viva pues son ellos los que definen ese carácter dinámico que constituye la vida. En la mente de Sara, en su modelo, todo ello ha adquirido significado, ha encajado y se ha anclado, ha dado sentido biológico, como análogo, a lo que realmente es una célula y lo ha hecho así porque ha construido los conceptos necesarios y suficientes para ello, les ha atribuido a todos y cada uno de ellos el sentido que realmente tienen en el mundo real –célula-, lo que la ha dotado de comprensión explicando acertadamente y razonando válidamente a través de conexiones e interrelaciones entre distintos elementos y procesos. El tercer mapa conceptual que hace esta alumna (19-5-97) es un ejemplo de ello.

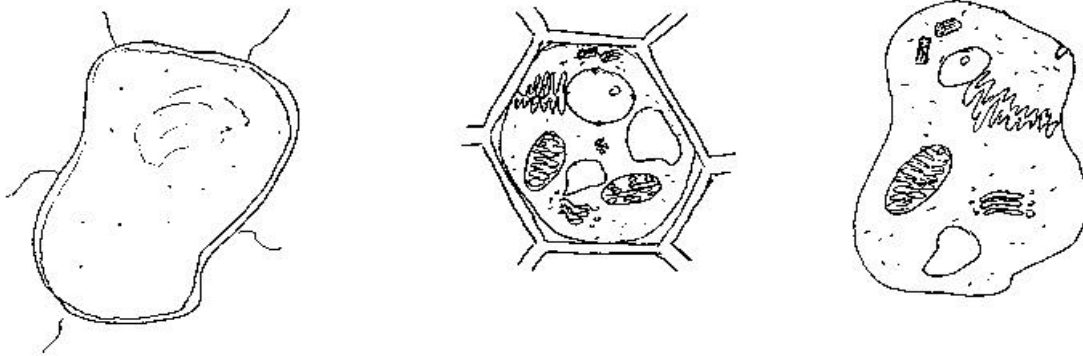


¿Qué nos encontramos en el cuestionario final de Sara (28-5-97)? ¿Qué información nos aporta sobre su forma de pensar la célula?. Ante la pregunta:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

esta alumna sólo aborda estructuras, pero muestra tener conciencia de su complejidad, así como de la diversidad celular.

“La representación de una célula es muy dificultosa, ya que no existe un prototipo de forma, ni de composición. Es así por lo que se dividen en diferentes grupos, y tienen diferentes formas y composición de acuerdo con la función que realicen”.

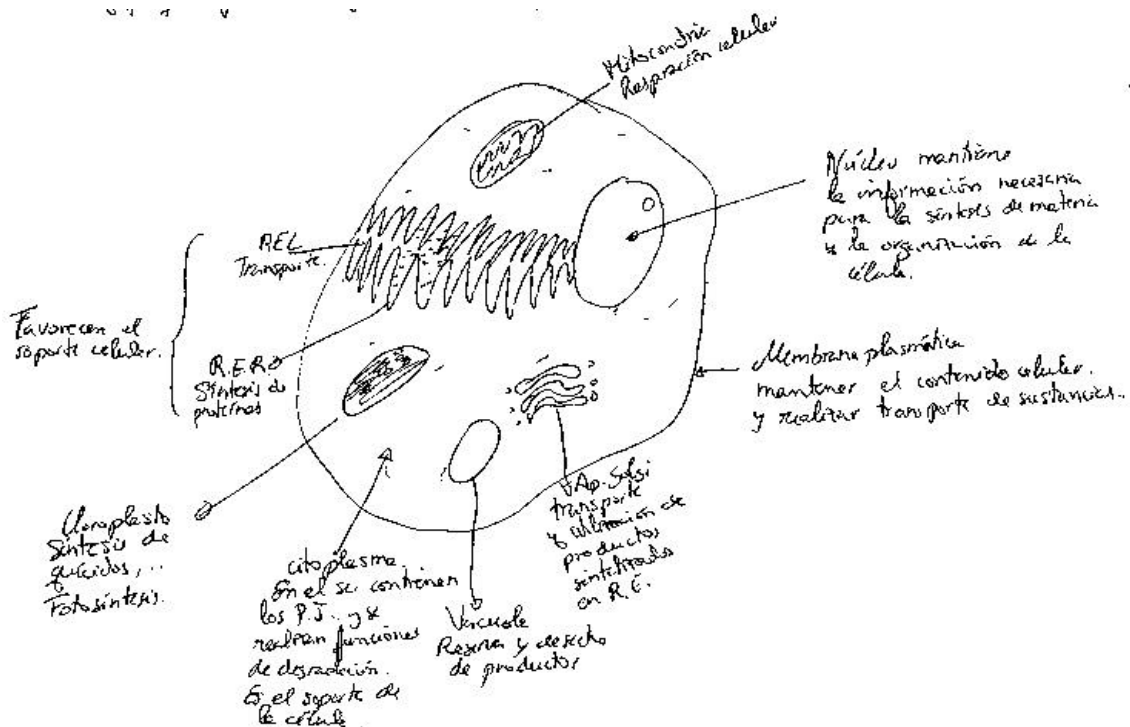


Y si tuviera que decir con tres frases cómo funciona, observamos que efectivamente su modelo la ha dotado de comprensión global recurriendo incluso a analogías para comunicarlo.

- “En la célula se realiza la síntesis o degradación de los principios inmediatos mediante los procesos que realizan en ella.
- La célula se relaciona con el medio en el que se encuentra, es decir, las otras células y sus orgánulos están totalmente compenetrados de ahí que formen una cadena semejante a la producción de una fábrica.
- La célula se reproduce, es decir, posee material de información que mediante procesos de mitosis, meiosis, o citoquinesis se perpetúe la especie”.

¡Y otra vez las analogías! Si tuviera que dibujar ese funcionamiento, tendría que recurrir a comparar, pero su dibujo es simple, libresco, una relación de cosas que hacen procesos, o sea, funcionamiento-suma, lo que corrobora nuestra conclusión de que Sara no opera con imágenes, no visualiza una célula en acción sino solamente una visión estática.

“Es muy complejo dibujar su funcionamiento. Dibujaría la célula comparándola con la maquinaria de un reloj porque todos los orgánulos están relacionados; también se podría comparar con una fábrica por lo mismo y porque explica muy bien todo su funcionamiento”.



Su entrevista final (11-6-97) nos aporta algunos datos de interés que corroboran las afirmaciones anteriores que, efectivamente, dan pie para pensar que nuestras interpretaciones se sostienen. Su modelo de célula es más económico, más sencillo que el que se observa en la foto de microscopía electrónica que se le presenta; pero a pesar de que se observa una imagen y se habla de una imagen, Sara advierte relaciones e interconexiones que son sorprendentes por cuanto no son habituales y que representan causalidad. Veamos un fragmento que ejemplifique esto.

ML : estábamos hablando de imágenes, tú crees que esto es una imagen. Es una imagen ¿de qué crees tú que es ?

Sara : *de una célula.*

ML : es una imagen de una célula ; es una imagen de una célula, vamos a ver, vamos a tener que hablar un poquito más alto ahora. [...] ¡Aaahhh ! ¿se parece esta imagen de la célula a la que tú me dijiste antes, a la que me has descrito ?

Sara : *sí pero es mucho más compleja.*

ML : ¿cuál es mucho más compleja ?

Sara : *ésta.*

ML : ésta es mucho más compleja.

Sara : *sí porque yo no ... no lleno tanto laaa, la célula de retículo endoplasmático, de aparato de Golgi ... ni, ni de tanta eso así.*

ML : tú no llenas, a ver, a ver cómo es eso, no lo entiendo.

Sara : *a la hora de dibujar una célula*

ML : sí.

Sara : *yo no me laaa, no me la imagino tan ... compacta, tan eso sino ...¡tch ! yo la dibujaría y no pondría tanta mitocondria, tantooo no sé, tanto retículo endoplasmático, lo pondría máaas ... simple.*

ML : más simple, entonces vamos a ver, esto es una imagen de célula me estás diciendo ... que es distinta a tu imagen de célula porque es más compacta ¿más llena, quieres decir ?

Sara : *sí, no hay tanto espacio libre, en la mía hay un montón de citoplasma ¡jejeje !*

ML : ¡ah ! en la tuya hay un montón de citoplasma, ¿podríamos decir entonces que esto es un modelo de célula ?

Sara : *sí.*

ML : esta imagen que está aquí es un modelo de célula. ¡aaahhh ! la imagen que tú tienes también es un modelo de célula. ... Tu modelo de célula es más simple que éste Sí. Esos modelos de célula, tanto el de esta imagen como el tuyo ¿son modelos de su estructura o de su funcionamiento

Sara : *de su estructura y a la hora de su disposición también de su dis, de su funcionamiento.*

ML : a la hora de su disposición, a ver.

Sara : *sí, cómo están dispuestos en eeelll ... en la célula, dentro de ella.*

ML : explícame un poquito eso, tú crees que la propia disposición ... deee las cosas en la célula ¡eh ! también da idea de su funcionamiento.

Sara : *sí.*

ML : tú crees eso ¿me lo puedes explicar un poco ?

Sara : *pues eeelll, a par, a través de la membrana pasan los nutrientes, en el retículo endoplasmático liso hay un transporte, después el retículo endoplasmático rugoso generalmente está más cerca del núcleo porque es donde se realiza la síntesis de proteínas y el ARN mensajero pues ..., ... tiene que, que llevar la información para que se puedan sintetizar, ... lo, el aparato de Golgi estaría más ..., más cerca deee, del retículo endoplasmático porque sustancias que se sintetizan en el retículo endoplasmático son almacenadas en ... en Golgi para, no sé, yo lo, lo relacionaría más así, como que están máaas*

ML : a ver, tú crees entonces.

Sara : *que están relacionados todos los orgánulos y en función de eso estarían más, más unidos, más o menos como hicimos en el póster ... que hay una sucesión deee, a partir de orgánulos para llegar a algo en común.*

Y volvemos a encontrarnos con otro dato que reafirma que esta alumna trabaja más con el discurso que con las imágenes que le sirven de poco y en las que no se apoya en sus explicaciones; tiene más información que la que maneja sólo con imágenes, o sea, no debe operar con muchas imágenes o, por lo menos, con las imágenes suficientes y necesarias como para dar cuenta de todo ese funcionamiento.

ML : estás aplicando tu propio modelo. Ese modelo tuyo, ese modelo propio es el que a mi me interesa ; ese modelo ¡ah ! ¿es más gráfico que textual, es más textual que gráfico ?

Sara : ..., ... *las dos cosas ¡jejeje !*

ML : las dos cosas, a ver.

Sara : *podría dibujarlo pero ... dibujándolo en sí nooo, no, yo creo que no aportaría nada, tendrías que explicar lo que se realiza en cadaaaa orgánulo ... y las relaciones que hay entre unos y otros, los procesos que, que hay.*

ML : a ver, repítame eso, tú me estás diciendo que podrías dibujarlo.

Sara : sí.

ML : pero que crees que dibujándolo no das toda la información sobre tu propio modelo.

Sara : sí.

ML : pues dime ... cómo es ese modelo tuyo, me estás diciendo que integra tanto imágenes como explicaciones.

Sara : *sí, yo pondría, haría el dibujo de la célula ... y después de cada orgánulo sacaríaaa más o menos lo que son sus funciones, no tanto centrándome en la estructura sino en su funcionamiento ... los procesos que realiz, se realizan en cada, en cada orgánulo.*

ML : los procesos que realiza cada orgánulo. ¡aaahhh ! quieres decir, entonces, que tienes una idea de lo que hace cada orgánulo y plasmarías lo que es la estructura con el dibujo pero lo que es el funcionamiento hablando.

Sara : *sí porque para mi sería mucho más difícil aplicar el funcionamiento con dibujos.*

Otra vez, más adelante en la conversación, destacamos su insistencia en que construyó un modelo más simple, útil para ella, pero no tan enrollado como los libros plasman.

ML : ¿y tú crees que ahora puedes ... hablar un rato sobre célula ?

Sara : *un rato largo. ¡jejeje !*

ML : un rato largo, es decir, tienes estructurada una información respetable.

Sara : sí.

ML : sobre la célula.

Sara : *no tan enrollada como en los libros que si glucosa-6-fosfato que pasa a fructosa-6-fosfato, no ¡jeje !*

ML : no tan enrollada como.

Sara : no.

ML : en los libros.

Sara : *no quizás me lo heee, me he hecho como un esquema y puesto lo más simple ... no tan ... complejo.*

¿Qué podemos decir como conclusión? Sara efectivamente ha construido un modelo mental de célula que es más simple que la propia célula pero que ella comprende perfectamente bien, con el que capta toda su esencia, un modelo mental causal, global, que integra convenientemente su estructura y su funcionamiento y que le permite explicar y predecir con corrección y acierto. Es un modelo mental que ha generado como análogo estructural de esa compleja entidad que constituye la unidad de vida, análogo que, como intermediario, la ha dejado percibirla y concebirla significativamente a través de los conceptos que ha construido para ello y a los que, de hecho, les ha atribuido significados biológicamente consistentes, como ha quedado de manifiesto. Su evolución a lo largo del curso se ha centrado precisamente en esa significativa incorporación de elementos a su representación, de conceptos a sus conjuntos de elementos, pero una representación, un modelo que en la práctica totalidad del curso fue integral, único, compacto, causal, modelo mental C. Sara ha confesado que

de hecho entiende la célula y puede manejarla pero a través del discurso, la piensa en términos integrales, pero con pocas o casi ninguna imagen, no trabaja con ellas y ello no es óbice para su comprensión, no la limita en absoluto, no condiciona ese entendimiento y esa aplicación que ha adquirido a través de su modelo mental C de la misma porque puede de todos modos modelarla. ¿Podrían interpretarse estos mismos datos de otra manera? Es probable que sí, que a la luz de otros referentes y desde otras perspectivas lleguemos a otras conclusiones, pero el análisis hecho de las producciones y verbalizaciones de Sara no parece dejar mucho margen a la duda y corrobora la forma en la que se ha ejecutado el modelo mental construido (como investigadores) sobre su modelo mental de célula.

ANEXO N° 30:

YAIZA

NOMBRE: Yaiza

CURSO: COU B

FECHA: 21-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Vida, célula, seres vivos, núcleo, citoplasma, membrana, vegetales, ácidos nucleicos, enzimas, proteínas, cromosomas, información genética, funciones vitales, ADN, materia, energía, ARN, orgánulos, nutrientes, herencia, organismo.	Seres vivos, energía, funciones vitales, orgánulos, célula, vida, mitocondria, cloroplastos, glucólisis, β -oxidación, membrana, ciclo de Krebs, ATP, metabolismo, nutrientes.	17-8-98: Entropía, funciones vitales, ser vivo, células, procariota, eucariota, animal, vegetal, complejidad, orgánulos, vida, ósmosis, organismo, mitocondria, ADN, membrana, nutrientes, óvulo, espermatozoide, núcleo, aparato de Golgi, interfase, envoltura nuclear, meiosis, mitosis, cloroplastos, dictiosomas, reproducción, nucleolo, hialoplasma, vacuolas, retículo endoplasmático, ribosomas, síntesis proteica, enzimas, metabolismo, lípidos, fermentación, glúcidos, proteínas, principios inmediatos, fotosíntesis, desechos, fecundación, energía.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	De libro	De libro (Ej: célula)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (1º y 3º) (¡muy simples!) No uso (2º) (me resulta muy difícil dibujarlo)	Uso (1º y 3º) No uso (2º) (no nombra nada en los dibujos pero son más completos que en el primer cuestionario)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: persona gorda. • Proteína: tableta de chocolate. • Lípido: válvula del corazón. • Ácido nucleico: mitocondria; vídeo de Érase una vez la vida. • Energía: hombre poderoso. • Entropía: destrucción del mundo. • Célula: la que hemos estudiado, normalita -referencia al símil de la fábrica; dinámica. • Catabolismo: un átomo destruyéndose. • Meiosis: dibujos de libro pero en movimiento. • Reproducción: fecundación. • Anabolismo: persona comiendo. • Ser vivo: yo misma. • Nutrición: persona comiendo. • Relación: chicos hablando.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	No establecimiento	Pobres (pero hace; ej: célula en interfase)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> • célula: motor de la vida. Extrabiol./autónoma. 	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- Normalmente todos, tenemos una idea fija en nuestra mente de lo que es una célula, sea correcta o incorrecta; y que nos imaginamos según nos la nombran. En el cuestionario 1.
- Pág. 2: "todavía n ... una definición así muy clara no tengo.
- La foto de M.E. no se parece a su imagen; lo suyo es una visión muy general, su imagen es como sale en un libro normal; ella ha hecho un modelo más simple.
- Pág. 9: "a mi lo que me hace falta es el que yo tengo"; se refiere al modelo que ella ha construido que es más simple que lo que se ve en la foto de M.E..
- Pág. 10: no usa su modelo para interpretar porque el suyo es mucho más perfecto; se fija en las estructuras. Su modelo la ha ayudado.
- Pág. 11: es complicado hablar de estructuras y funcionamiento; le gusta más el funcionamiento.
- Pág. 11: llega con un modelo de célula: un circuitito con otro circuitito dentro y ahora: es muy complicado y hay muchos procesos. Ha cambiado por completo su idea del funcionamiento del ser vivo.

NOMBRE: Yaiza

CURSO: COU B

FECHA: 21-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Estructurados, célula, organismos, procariotas, eucariotas, bacterias, hongos, vegetal, animal, pared celular, membrana plasmática, hialoplasma, núcleo, envoltura nuclear, orgánulos, neoglucogénesis, cloroplastos, mitocondrias, aparato de Golgi, glucógenogénesis, metabolismo, glucógeno, glucosa, fotosíntesis, glucólisis, ácido pirúvico, CoA, fotoquímica, biosintética, ciclo de Krebs, sistemas, cadena respiratoria, citocromos, fosforilación oxidativa, potencial redox, ATP.	Célula, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, hialoplasma, mitocondria, cloroplastos, ribosomas, metabolismo, glucólisis, fotosíntesis, β -oxidación, respiración, aminoácidos, ATP.	Procariota, célula, eucariota, animal, vegetal, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, hialoplasma, membrana plasmática, mitocondria, aparato de Golgi, cloroplastos, retículo endoplasmático, núcleo, ribosomas, glucólisis, nutrición, relación, acetyl-CoA, fotosíntesis, reproducción, síntesis proteica, ácido pirúvico, cadena respiratoria, sexual, asexual, nutrientes, fosforilación oxidativa, meiosis, mitosis, ATP, β -oxidación, lipogénesis, haploides, diploides, gametos.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: CoA, sistemas, estructurados, ...)	Adecuada y consistente (excepto respiración, aminoácidos -¿cuando lo paso a ordenador, no sé por qué son excepción!)	Adecuada y consistente (¿ácido pirúvico, acetyl-CoA?)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Poco significativas (frases muy largas memorísticas)	Poco significativas (frases en vertical con más de dos conceptos)
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Débil	De libro (bioquímica, citología, metabolismo)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

- Algo que me llama la atención: mitocondria siempre lo pone en singular y cloroplastos en plural; no sé si es relevante, pero es curioso.

NOMBRE: Yaiza

CURSO: COU B

FECHA: 21-2-98

CRITERIOS	SÍMIL	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, permeabilidad, núcleo, ADN, código genético, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuola, reserva, mitocondria, β -oxidación, lipogénesis, energía, digestión, asimilación, lisosomas.	Vida, reacciones, agua, célula, reacciones metabólicas, funciones vitales, organización, seres vivos, procariota, eucariota, membranas, núcleo, ADN, reproducción, mitosis, ribosomas, animal, vegetal, membrana plasmática, pared celular, hialoplasma, nucleolo, envoltura nuclear, permeabilidad, principios inmediatos, organismo, sales minerales, secreción, exoesqueleto, turgencia, medio.	Fermentación, energía, fotosíntesis, plantas, animales, respiración, funciones vitales, autótrofos, heterótrofos, glúcidos, célula, lípidos, glucólisis, hialoplasma, enzimas, reacciones metabólicas, fosforilación oxidativa, mitocondria, matriz mitocondrial, anaerobios, medio, ATP, monosacáridos.	Célula, funciones vitales, procariota, eucariota, membrana plasmática, citosol, orgánulos, animales, vegetales, núcleo, envoltura nuclear, nucleolo, cloroplasto, vacuolas, pared celular, mitocondrias, ribosomas, ADN, ARN mensajero, ARN transferente, síntesis, proteínas, nutrientes, lípidos, glúcidos, organismo, vida, energía, membrana mitocondrial, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, nucleótidos, dictiosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, centriolos, fluidez, autosellado, autoensamblaje, impermeabilidad, ósmosis, vesículas, glioxisomas, síntesis de proteínas, ATP, ácido graso, desecho, almacenamiento, transporte, endocitosis, excitosis.	Principios inmediatos, orgánulos, organismo, células, proteínas, aminoácido, membranas, reserva, anticuerpos, coenzimas, reacciones, ciclo de Krebs, holoenzimas, energía, enzima, metabolismo, sistema inmunitario, antígenos, inmunidad, fotosíntesis, solubilidad, especificidad, desnaturalización, transporte, catálisis, citoplasma, vida, combustión, plantas, inhibidor, linfocitos, secreción.	Genes, mutaciones, células, organismo, cromosomas, funciones vitales, reproducción sexual, reproducción asexual, mitosis, meiosis, gametos, energía, fecundación, profase, cromátidas, ADN, ácidos nucleicos, nucleótidos, herencia, síntesis proteica, ARN, información, citoplasma, ribosomas, interfase, ciclo celular, replicación, eucariotas, nucleosomas, duplicación, cromatina, transcripción, membrana, envoltura nuclear, huso mitótico, centriolos, metafase, centrómeros, anafase, telofase, diploides, sobrecruzamiento, haploides, citocinesis, vida, medio, homocigóticas, paquiteno, información genética, ARN mensajero, ARN ribosómico, ARN transferente, ARN nucleolar, leptoteno, zigoteno, diploteno, diacinesis, núcleo.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: párrafo marcado con A en la fosforilación oxidativa)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Simple y pobre (contradicciones y sin hilo conductor)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación (Ej: permeabilidad celular)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (hilo conductor en el discurso)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica (Ej: célula)	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma (aunque con incorrecciones)	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (usa el símil para apoyarse)	No uso	No uso	Uso (permeabilidad)	No uso	Uso (en mitosis y meiosis)
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres (e incoherentes) (Ej: preg. 5)	Pobres (Ej: preg. 6)	Pobres	Pobres	No establecimiento
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	Ccélula: organismo minúsculo. Biol./autónoma.	Catálisis: se parece a cuando subes una cuesta y necesitas impulso; luego si es llano o bajada, no te hace falta nada. Extrabiol./autónoma.	No se detectan

NOMBRE: Yaiza

CURSO: COU B

FECHA: 21-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> no hace el 2º dibujo: me resulta muy difícil dibujarlo. Cromosomas, ácidos nucleicos, enzimas, proteínas.	<ul style="list-style-type: none"> no se nombra nada en el 1º y en el 3º dibujo. No hace el segundo dibujo: no sabría hacerlo. 	Célula, eucariota, animal, aparato de Golgi, lisosoma, nucleolo, cromatina, nucleoplasma, reproducción, retículo endoplasmático, ribosomas, síntesis proteica, mitocondria, vacuola, hialoplasma, membrana plasmática, relación, nutrición, cloroplasto, pared celular, vegetal.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal (no es de libro y es extremadamente pobre en contenido)	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (de algo con un contenido pero eso es todo; no se identifican elementos estructurales y sólo se representa un núcleo sin nombrarlo)	Identificación (se identifican elementos estructurales distintos, con una estructura diferenciada entre ellos, pero sólo se ponen sin nombrarlos y sin relacionarlos) (en comparación con el cuestionario 1, se distinguen distintos orgánulos)	Identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases (sustancias pasan) y algunas (3) notaciones no verbales (flechas)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simple-estático (¡muy simple!)	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Yaiza

CURSO: COU B

FECHA: 21-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Vida, célula, seres vivos, núcleo, citoplasma, membrana, vegetales, ácidos nucleicos, enzimas, proteínas, cromosomas, información genética, funciones vitales, ADN, materia, energía, ARN, orgánulos, nutrientes, herencia, organismo.
Origen de la vida 18/11/96	Vida, reacciones, agua, célula, reacciones metabólicas, funciones vitales, organización, seres vivos, procariota, eucariota, membranas, núcleo, ADN, reproducción, mitosis, ribosomas, animal, vegetal, membrana plasmática, pared celular, hialoplasma, nucleolo, envoltura nuclear, permeabilidad, principios inmediatos, organismo, sales minerales, secreción, exoesqueleto, turgencia, medio.
ex. GLUC. 9/12/96	Fermentación, energía, fotosíntesis, plantas, animales, respiración, funciones vitales, autótrofos, heterótrofos, glúcidos, célula, lípidos, glucólisis, hialoplasma, enzimas, reacciones metabólicas, fosforilación oxidativa, mitocondria, matriz mitocondrial, anaerobios, medio, ATP, monosacáridos.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Estructurados, célula, organismos, procariotas, eucariotas, bacterias, hongos, vegetal, animal, pared celular, membrana plasmática, hialoplasma, núcleo, envoltura nuclear, orgánulos, neoglucogénesis, cloroplastos, mitocondrias, aparato de Golgi, glucógenogénesis, metabolismo, glucógeno, glucosa, fotosíntesis, glucólisis, ácido pirúvico, CoA, fotoquímica, biosintética, ciclo de Krebs, sistemas, cadena respiratoria, citocromos, fosforilación oxidativa, potencial redox, ATP.
ex. LÍP. 26/2/97	Célula, funciones vitales, procariota, eucariota, membrana plasmática, citosol, orgánulos, animales, vegetales, núcleo, envoltura nuclear, nucleolo, cloroplasto, vacuolas, pared celular, mitocondrias, ribosomas, ADN, ARN mensajero, ARN transferente, síntesis, proteínas, nutrientes, lípidos, glúcidos, organismo, vida, energía, membrana mitocondrial, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, nucleótidos, dictiosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, centriolos, fluidez, autosellado, autoensamblaje, impermeabilidad, ósmosis, vesículas, glioxisomas, síntesis de proteínas, ATP, ácido graso, desecho, almacenamiento, transporte, endocitosis, exocitosis.
ex. PROT. 14/3/97	Principios inmediatos, orgánulos, organismo, células, proteínas, aminoácido, membranas, reserva, anticuerpos, coenzimas, reacciones, ciclo de Krebs, holoenzimas, energía, enzima, metabolismo, sistema inmunitario, antígenos, inmunidad, fotosíntesis, solubilidad, especificidad, desnaturalización, transporte, catálisis, citoplasma, vida, combustión, plantas, inhibidor, linfocitos, secreción.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Célula, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, hialoplasma, mitocondria, cloroplastos, ribosomas, metabolismo, glucólisis, fotosíntesis, β -oxidación, respiración, aminoácidos, ATP.
ex. AN. 12/5/97	Genes, mutaciones, células, organismo, cromosomas, funciones vitales, reproducción sexual, reproducción asexual, mitosis, meiosis, gametos, energía, fecundación, profase, cromátidas, ADN, ácidos nucleicos, nucleótidos, herencia, síntesis proteica, ARN, información, citoplasma, ribosomas, interfase, ciclo celular, replicación, eucariotas, nucleosomas, duplicación, cromatina, transcripción, membrana, envoltura nuclear, huso mitótico, centriolos, metafase, centrómeros, anafase, telofase, diploides, sobrecruzamiento, haploides, citocinesis, vida, medio, homocigóticas, paquiteno, información genética, ARN mensajero, ARN ribosómico, ARN transferente, ARN nucleolar, leptoteno, zigoteno, diploteno, diacinesis, núcleo.
Símil de la fábrica 12/5/97	Membrana, célula, permeabilidad, núcleo, ADN, código genético, ribosomas, retículo endoplasmático, síntesis proteica, vacuola, reserva, mitocondria, β -oxidación, lipogénesis, energía, digestión, asimilación, lisosomas.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Célula, eucariota, animal, aparato de Golgi, lisosoma, nucleolo, cromatina, nucleoplasma, reproducción, retículo endoplasmático, ribosomas, síntesis proteica, mitocondria, vacuola, hialoplasma, membrana plasmática, relación, nutrición, cloroplasto, pared celular, vegetal.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Procariota, célula, eucariota, animal, vegetal, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, hialoplasma, membrana plasmática, mitocondria, aparato de Golgi, cloroplastos, retículo endoplasmático, núcleo, ribosomas, glucólisis, nutrición, relación, acetyl-CoA, fotosíntesis, reproducción, síntesis proteica, ácido pirúvico, cadena respiratoria, sexual, asexual, nutrientes, fosforilación oxidativa, meiosis, mitosis, ATP, β -oxidación, lipogénesis, haploides, diploides, gametos.
Cuestionario final 28/5/97	Seres vivos, energía, funciones vitales, orgánulos, célula, vida, mitocondria, cloroplastos, glucólisis, β -oxidación, membrana, ciclo de Krebs, ATP, metabolismo, nutrientes.
Entrevista. 11/6/97	Entropía, funciones vitales, ser vivo, células, procariota, eucariota, animal, vegetal, complejidad, orgánulos, vida, ósmosis, organismo, mitocondria, ADN, membrana, nutrientes, óvulo, espermatozoide, núcleo, aparato de Golgi, interfase, envoltura nuclear, meiosis, mitosis, cloroplastos, dictiosomas, reproducción, nucleolo, hialoplasma, vacuolas, retículo endoplasmático, ribosomas, síntesis proteica, enzimas, metabolismo, lípidos, fermentación, glúcidos, proteínas, principios inmediatos, fotosíntesis, desechos, fecundación, energía.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, citoplasma, membrana, cromosomas, orgánulos.	Membranas, núcleo, ribosomas, membrana plasmática, pared celular, hialoplasma, nucleolo, envoltura nuclear, exoesqueleto.	Hialoplasma, mitocondria, matriz mitocondrial.	Pared celular, membrana plasmática, hialoplasma, núcleo, envoltura nuclear, orgánulos, cloroplastos, mitocondrias, aparato de Golgi.	Membrana plasmática, citosol, orgánulos, núcleo, envoltura nuclear, nucleolo, cloroplasto, vacuolas, pared celular, mitocondrias, ribosomas, membrana mitocondrial, matriz mitocondrial, dictiosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, centriolos, vesículas, glioxisomas.	Orgánulos, membranas, citoplasma.	Hialoplasma, mitocondria, cloroplastos, ribosomas.	Cromosomas, citoplasma, ribosomas, nucleosomas, membrana, envoltura nuclear, huso mitótico, centriolos, centrómeros, núcleo.	Membrana, núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuola, mitocondria, lisosomas.	Aparato de Golgi, lisosoma, nucleolo, nucleoplasma, retículo endoplasmático, ribosomas, mitocondria, vacuola, hialoplasma, membrana plasmática, cloroplasto, pared celular.	Hialoplasma, membrana plasmática, mitocondria, aparato de Golgi, cloroplastos, retículo endoplasmático, núcleo, ribosomas.	Orgánulos, mitocondria, cloroplastos, membrana.	Orgánulos, mitocondria, membrana, núcleo, aparato de Golgi, envoltura nuclear, cloroplastos, dictiosomas, nucleolo, hialoplasma, vacuolas, retículo endoplasmático, ribosomas.	AG5,centriolo2,centrómero1,ctpl3,ctsl1,clpt6,crma2,dictios2,envnuc15,hlp17,husomit1,liss2,matrixmit2,mbr11,mbrmit1,mbrpl5,mitc9,núclo8,nucleoplasma1,org6,paredcel14,RE5,rib8,vesc1
Moléculas	Ácidos nucleicos, enzimas, proteínas, ADN, ARN, nutrientes.	Agua, ADN, principios inmediatos, sales minerales.	Glúcidos, lípidos, enzimas, ATP, monosacáridos.	ATP.	ADN, ARN mensajero, ARN transferente, proteínas, nutrientes, lípidos, glúcidos, nucleótidos, ATP, ácido graso.	Principios inmediatos, proteínas, aminoácido, coenzimas, holoenzimas, enzimas, inhibidor.	Glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, ATP.	Genes, cromátidas, ADN, ácidos nucleicos, ARN, cromatina, ARN mensajero, ARN transferente, ARN ribosómico, ARN nucleolar.	ADN.	Cromatina.	Agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, nutrientes, ATP.	ATP, nutrientes.	ADN, nutrientes, enzimas, lípidos, glúcidos, proteínas, principios inmediatos.	AN4,ADN6,agua2,aa1,ARN3,ARNm2,ARNt2,ATP6,coenz1,cromat1,croma2,enz4,gen1,glúc5,inhibidor1,líp5,monosac1,nucleótido1,nutrientes5,PI3,prot6,sm2.
PROCESOS Mts.	-	Reacciones metabólicas, secreción.	Fermentación, fotosíntesis, respiración, autótrofos, heterótrofos, glucólisis, reacciones metabólicas, fosforilación oxidativa, anaerobios.	Neoglucogénesis, glucogénesis, metabolismo, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria,	Síntesis, ciclo de Krebs, síntesis de proteínas, desecho, almacenamiento.	Reserva, ciclo de Krebs, metabolismo, fotosíntesis, catálisis, secreción.	Metabolismo, glucólisis, fotosíntesis, β -oxidación, respiración.	Síntesis proteica, replicación, duplicación, transcripción.	Síntesis proteica, reserva, β -oxidación, lipogénesis, digestión.	Síntesis proteica.	Glucólisis, fotosíntesis, síntesis proteica, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, β -oxidación, lipogénesis.	Glucólisis, β -oxidación, ciclo de Krebs, metabolismo.	Síntesis proteica, metabolismo, fermentación, fotosíntesis, desechos.	Anarb1,autófo1,â-ox4,cadres2,cátasis1,cKrebs4,desecho2,diges1,duplic1,ferm2,ffox3,ftst6,glucogén1,glucogén1,glulisis5,hetrófo1,lipgén2,

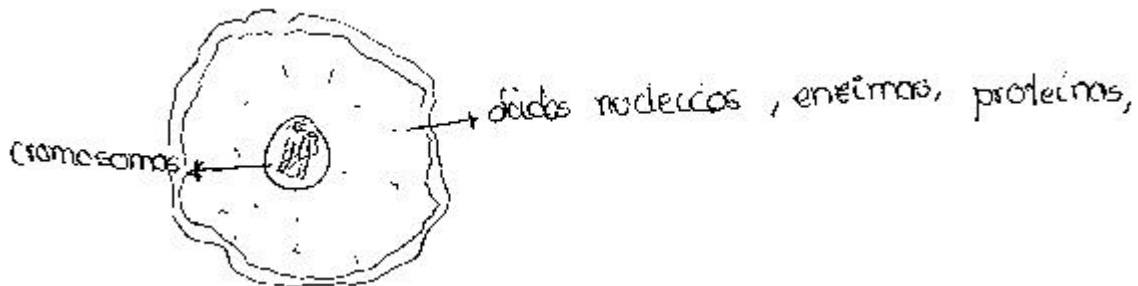
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
				fosforilación oxidativa.										mtb5,recmtb5,resp2,secre2,síntesis10,sp,rot6,transcp1.
Otros	Funciones vitales.	Funciones vitales, reproducción, mitosis, turgencia.	Funciones vitales.	-	Funciones vitales, ósmosis, transporte, endocitosis, exocitosis.	Transporte.	-	Mutaciones, funciones vitales, reproducción sexual, reproducción asexual, mitosis, meiosis, profase, ciclo celular, metafase, anafase, telofase, diploides, sobrecruzamiento, haploides, citocinesis, paquiteno, leptoteno, zigoteno, diploteno, diacinesis.	-	Reproducción, relación, nutrición.	Nutrición, relación, reproducción, meiosis, mitosis, haploides, diploides.	Funciones vitales.	Funciones vitales, ósmosis, mitosis, reproducción	Anaf1,citocinesis1,diploide2,diploteno1, endocit1, exocit1,funciones7,FV7,haploides1,meiosis3,metaf1,mitosis4,mut1,nut2,ósmosis2,prof1,trl2,rep5,rasex1,rsex1,sobrecruz1,telof1,transporte2,turgencia1.
CONCEP GRALES:	Vida, célula, seres vivos, vegetales, información genética, materia, energía, herencia, organismo.	Vida, reacciones, célula, organización, seres vivos, procariota, eucariota, animal, vegetal, organismo, medio.	Energía, plantas, animales, célula, medio.	Célula, organismos, procariotas, eucariotas, bacterias, hongos, vegetal, animal.	Célula, procariota, eucariota, animales, vegetales, organismo, vida, energía.	Organismo, células, reacciones, energía, vida, combustión, plantas.	Célula.	Células, organismo, energía, herencia, información, eucariotas, vida, medio, información genética.	Célula, energía, asimilación.	Célula, eucariota, animal, vegetal.	Procariota, célula, eucariota, animal, vegetal.	Seres vivos, energía, célula.	Entropía, ser vivo, células, procariota, animal, vegetal, complejidad, vida, organismo, energía.	Ani7,bac1,célula13,energ8,entrop1,euct7,gené2,here2,inf2,infgen2,mater1,med3,orgismo7,orgazación1,plant2,proct5,react2,svv4,vgt7,vida6.
OTROS CONCEPs	-	Permeabilidad.	-	-	Fluidez, autosellado, autoensamblaje, impermeabilidad.	Anticuerpos, sist inmun, antígenos, inmunidad, solubilidad, especific, desnaturalización, linfocitos.	-	Fecundación, interfase, homocigóticos.	Permeabilidad.	-	Gametos.	-	Óvulo, espermatozoide, interfase, fecundación.	Antic1,antig1,autoensambj1,autosell1,especif1,fluidez1,gam1,inperm1,inmun1,interfase2,linfocito1,perm eab3,silnm.
MODELO	A	B	B	A	B	B	B	A/B	B	¿B?/C	B	A	B	B

Yaiza comienza el curso con una representación de célula en su mente que la dota de poco poder predictivo y explicativo, un modelo de esta entidad como intermediario que es bastante limitado en lo que a sus elementos constituyentes se refiere y que en esa medida, como es lógico, no le permite explicaciones y deducciones biológicamente consistentes; un modelo el que construye esta alumna en estos primeros momentos que sólo atiende a su estructura, que sólo maneja como elementos, “tokens”, algunos de sus orgánulos y moléculas característicos y que, en ese sentido, sólo es analógico en el terreno físico pero no en el ámbito comportamental, para el que sólo utiliza “funciones vitales” como concepto. Cuando en el cuestionario inicial (18-10-96) se le plantea cómo podemos representar una célula y cómo hacer un dibujo de la misma, Yaiza exterioriza su concepción sobre este concepto como sigue:

“Normalmente todos tenemos una idea fija en nuestra mente de lo que es una célula, sea correcta o incorrecta; y que nos imaginamos según nos lo nombre(n).

Para mi, dibujaría una célula no totalmente esférica, con un núcleo y un citoplasma (en el que se encuentran ciertas sustancias), con una membrana exterior.

Pero cuando ya has adquirido unos ciertos conceptos e información, sabes que esto no es así; las células vegetales se dibujan de forma cuadrada, y no todas las células tienen membranas”.



Su forma de empezar a contestar nos sirve como dato de que efectivamente hay algo en su cabeza que actúa como análogo, sea correcto o no, para representar el mundo que se le presenta y que ella no puede verificar ni ver de forma inmediata; esa “idea fija en nuestra mente”, en su mente, que le permite imaginar, ese modelo que sólo es comprensivo en cierta medida y, fundamentalmente, en lo que se refiere a la estructura celular es lo que hace que esta alumna elabore de manera personal sus frases, que responda de forma no mecánica, no memorística, comunicando su concepción como sigue:

- Si tuviéramos que decir con tres frases cómo es una célula ¿qué diríamos?
- *“Es un organismo de intensa actividad biológica.*
- *Transmite la información genética de los seres vivos, gracias a los ácidos nucleicos que contiene.*
- *Unidad fundamental de que están formados los seres vivos”.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- *“La célula funciona como una unidad indiv(id)ual, capaz de sobrevivir y realizar las funciones vitales.*
- *Tiene función genética, ya que contiene ADN en su interior, imprescindible para asegurar la especie.*
- *Transforma la materia en energía, necesaria para renovarse y para que el ser vivo que pertenece, pueda realizar las funciones vitales”.*

Cuando imagina esa célula, lo que hace es imaginar una “cosa”, es decir, una estructura, pero no hay indicios de que pueda imaginar su funcionamiento y, de hecho,

como ya se comentó, no utiliza conceptos que den señas de ello; no debe tener una idea gráfica de esa célula en acción, ¡de lo que realmente es una célula!, y, como consecuencia, no puede plasmarla en un diseño.

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?

“Me resulta muy difícil dibujarlo”.

Su forma de entender el funcionamiento celular no llega más allá que a lo que contesta a cómo cree que es, una respuesta vaga y ambigua que no entra en los mecanismos intrínsecos que determinan que esta “cosa” tenga “vida”; todo lo más, señala una cierta forma de actuar a través de algunos verbos (“captan”, “transforma”, “transmite”).

“Para poder concretizar sobre el funcionamiento de una célula, se debería conocer el lugar donde se encuentra; pero, por lo general, todas hacen lo esencial.

Captan los nutrientes (ya asimilados de los alimentos) que llegan en la sangre hasta ella, y los transforman en energía, indispensable para su existencia y la del ser vivo, pudiendo así renovarse.

La célula es la que transmite la herencia genética gracias al ADN que contiene.

Hay células que tienen funciones específicas distintas, no es lo mismo una célula del estómago y otra del intestino; por eso, creo que podemos definir a una célula como un organismo organizado”.

Cuando Yaiza hace el examen de Origen de la Vida (18-11-96) vemos en lo que nos entrega un discurso difícil de seguir, una forma de comunicación muy simple en la que no se advierte ningún hilo conductor que la articule y, sin embargo, las frases que construye no son librecas; repite mecánicamente la información que selecciona, no dando ello indicios de comprensión sobre los conceptos de los que escribe. Un ejemplo de lo anterior es su forma de explicar qué es una célula.

“Se podría definir como la unidad biológica fundamental dotada de vida, y que aunque es relativamente pequeña en cuanto a tamaño realiza las funciones vitales y tiene una organización muy compleja.

Todos los seres vivos estamos compuestos de células.

Se cree que la vida se originó a partir de una célula, así lo formulan tres teorías: celular, autógena, endosimbiótica en serie, aunque si es verdad, que se cree que existió una primera célula llamada procariota y que luego de ella surgió la célula eucariota.

Célula procariota = pertenecen al reino moneras, son células más sencillas, no poseen tantas membranas como las eucariotas, no tiene núcleo, su mayor “representante” es la bacteria, su ADN se encuentra en una molécula circular que se duplica antes de la reproducción asexualmente, ya que no se reproduce ni por mitosis ni por meiosis.

Contiene en su interior pocos ribosomas.

Célula eucariota = se divide entre animal y vegetal y está compuesta por:

- *Membrana plasmática: sin ella no habría vida celular. Tiene varias funciones dentro de la célula, delimita el espacio de la célula.*
- *Membranas de secreción: matriz, pared celular vegetal = mayor diferencia entre la célula vegetal y animal. Actúa como exoesqueleto en las plantas.*
- *Núcleo: hialoplasma, nucleolo, envoltura nuclear”.*

Su respuesta, como vemos, es muy descriptiva y en ella incorpora pocas cosas relativas a su comportamiento, amén de varios errores importantes que dan cuenta de su limitada comprensión y conocimiento incluso de la simple estructura que aborda en su modelo. En este registro amplía considerablemente el número de elementos organulares y moleculares de los que echa mano y, también, se observa una mayor presencia de conceptos funcionales si bien, como se acaba de mostrar, en la explicación concreta de la entidad que se trata de representar, no los usa. Su mente está trabajando en este

momento según un doble esquema en función del cual ejecuta independientemente elementos que se refieran a la estructura o al comportamiento, pero no establece conexiones y relaciones consistentes entre ambos aspectos; de esta manera, sus deducciones e inferencias son pobres y un ejemplo lo tenemos en lo siguiente:

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchán y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“A: Este hecho se puede explicar por los fenómenos osmóticos:

Al morir la medusa ya su organismo no trabaja y, por tanto, el agua que tenía en su interior, debido a la turgencia del ser, es depositada en el medio marino y se produce así la arrugación.

También puede ser que al morir las células de la medusa y no tener su ajetreado trabajo y estar en un medio homogéneo, el agua que hay en el ser se transpira por el cuerpo y se une con el agua del mar.

B: Hipótesis: al morir un ser vivo, su capa de permeabilidad selectiva degenera con ellos y, por tanto, el ser expulsa el agua que tiene en su organismo (aunque puede ser que se produjera lo contrario, que se hinchara (y explotase)).

Actividades: Al guisar costilla, al agua no le hace falta que le echas sal porque la carne la desprende y así el agua también tiene la misma concentración”.

Se aplican, como se ve, algunos conceptos específicos del comportamiento celular, pero se hace con una limitada comprensión sobre ellos y, además, se observan algunas incoherencias. Un modelo mental dual parece desprenderse también del examen de Glúcidos (9-12-96) que hace Yaiza, un ejercicio en el que hay indicios de elaboración personal en sus frases ya que no son prototípicas, como muestra el siguiente párrafo extraído de su explicación sobre la fosforilación oxidativa:

“Según el orden que se encuentra las moléculas transportadoras $FADH_2$ y $NADH$ (producidas en la glucólisis) los electrones b(v)an dando una especie de salto de un carbono a otro, de forma escalonada según su potencial redox, es decir, se oxida a sí misma y reduce a otra”.

Pero si nos fijamos en todo el ejercicio, podemos detectar que esta joven sigue teniendo los mismos problemas cuando escribe, dando lugar a un discurso pobre, simple, poco hilvanado y demostrando en el mismo un uso mecánico y repetitivo de la información que utiliza; esa información, ese contenido no ha supuesto para ella una mayor comprensión de la complejidad celular, del procesamiento energético que la define y justifica como unidad viva y eso se evidencia en lo siguiente:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“Los microorganismos anaerobios son aquellos que realizan sus funciones sin la intervención del oxígeno, por tanto, resulta lógico pensar que si en las vías fermentativas está el O_2 , el microorganismo no puede utilizarlo.*

Aunque la fermentación se cree que fue el proceso que desarrollaron los primeros seres, ya que es la única forma de obtener energía para aquellos seres que no pueden asimilar en su organismo O_2 , aunque si es verdad que hay en una parte de la fermentación la presencia del oxígeno.

- *No se puede decir. Siempre se ha creído que la fotosíntesis es la respiración en las plantas, pero no es así.
La fotosíntesis es aquel proceso donde los seres fotosintéticos recogen la energía lumínica del sol y la transforma(n) el(n) energía química (ATP) y en poder reductor. Gracias a esto, los seres fotosintéticos transforma(n), a través de una serie de procesos (fase fotoquímica y biosintética) el CO_2 y el H_2O de la atmósfera en hidratos de carbono, desprendiendo oxígeno utilizado por los animales en su respiración.
Por tanto, la fotosíntesis en los vegetales, es la forma de obtener energía para realizar sus funciones vitales.*
- *Estrictamente, como dos procesos separados y distintos, no.
La diferencia entre los seres autótrofos y heterótrofos en la manera de obtener la energía, y, por tanto, el principio de partida para realizar sus procesos es lo único que lo diferencia.*
- *Los glúcidos son para el organismo, y por tanto, para la célula la principal fuente de energía, pero no la única. Es de donde obtienen mayor cantidad de energía, pero también la pueden obtener de otras fuentes o como son los lípidos.
Por tanto, sí podría funcionar independientemente de los glúcidos, aunque para ello es más costoso”.*

Obsérvese que en los dos primeros apartados se manifiestan serios errores biológicos que evidencian esa ausencia de comprensión de la que se hablaba, esa nula o escasa atribución de significado científicamente aceptado al respecto. Y obsérvese, además, otro detalle importante: Yaiza sólo ejecutó su “submodelo” funcional de la célula, un esquema parcial que, como decimos, es carente de sentido biológico, de significado válido para todos esos conceptos metabólicos a los que recurre en sus pobres explicaciones; si hubiese pensado en términos globales, hubiese advertido, por ejemplo, que las células vegetales tienen mitocondrias -¿para qué las querrán?, ¿qué harán con ellas?- o, también, que esas mismas células tienen pared celular, siendo, por lo tanto, los glúcidos esenciales no sólo en términos metabólicos sino también estructurales. De esta manera, con un modelo mental dual que no capacita para entender integralmente la forma de actuar de una célula, las deducciones e inferencias, como es previsible, son débiles, pobres, insustanciales y de ello también en este examen tenemos un dato.

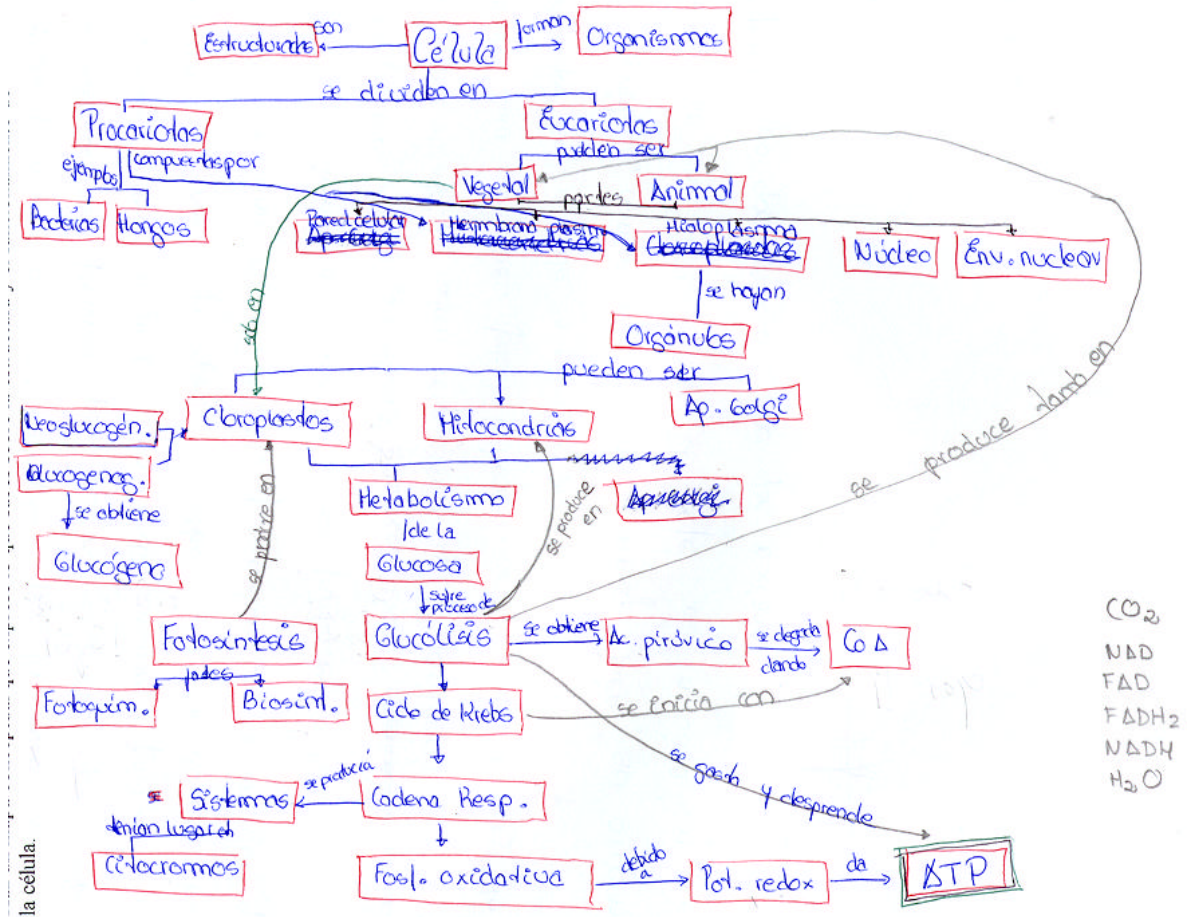
- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“En la fase de ovulación la energía que se debe producir es más y por tanto se debe consumir más azúcar para realizar sus procesos y, por tanto, el organismo lo recrima; y cuando es más evidente es cuando una persona está embarazada.

Es decir, cuando el organismo está en esta situación necesita más azúcar que en condiciones normales = hipótesis”.

Cuando Yaiza hace su primer mapa conceptual para exteriorizar lo que sabe sobre la estructura y el funcionamiento celular (8-1-97), se ve que lleva a cabo una selección arbitraria de los conceptos que elige, incluyendo en ellos adjetivos, moléculas, etc; esos conceptos se unen con nexos muy simples (“sólo en”, “partes”, “pueden ser”) que no dan información sobre la razón y el sentido de esas relaciones y, claro está, esto tiene como consecuencia o producto un conjunto de proposiciones que resultan ser no

significativas en términos biológicos, no demuestran o no tienen significados científicamente válidos que den razón de ser de por qué se unen esos conceptos y eso no parece descabellado pensar que sea producto de esa misma ausencia de significado en el modelo mental que esta alumna ha construido para realizar este mapa. Se observa, además, que maneja una serie de elementos estructurales y que echa mano ¡sin sentido! de los conceptos metabólicos pero sólo a título de presencia ya que, como se ha dicho y puede comprobarse, no hay significado biológico con respecto a los mismos. Yaiza no debió haber trabajado en esta ocasión con otro modelo mental de célula como análogo que no fuera más que estructural.



¿Cómo explica esta estudiante el concepto célula cuando se le demanda que lo haga en el examen de Lípidos (26-2-97)? Veamos.

“La célula es un organismo “minúsculo” pero a la vez tan complejo que no depende de ningún otro ser para su supervivencia, pues él solo realiza todas las funciones vitales necesarias para su existencia.

A la célula podemos dividirla(s) (clasificarlas) en:

- procarionta: se cree que existió antes que la eucariota y su composición es más simple, ya que sólo está compuesta por la membrana plasmática y el citosol, y diversos orgánulos.
- Eucariota: se cree que se originó gracias a la célula procarionta y, además, se divide a su vez en animales y vegetales. La célula eucariota es mucho más compleja y está formada por: membrana plasmática, núcleo, (envoltura nuclear, nucleolo) y citosol (en él se encuentra(n) “flotando” muchos orgánulos, aunque no todos están en las células animales y vegetales. Por ej.: = el cloroplasto es exclusivo de la célula vegetal, al igual que las vacuolas y la pared celular).

La teoría que actualmente se cree, sobre la existencia o proveniencia de ésta, es la teoría endosimbiótica:

Las mitocondrias y plastos de la actual son parecidos a los que contenía la célula procariota (bacterias), ya que contenían ribosomas, ADN, ARN mensajero y ARN transferente, y así, puede haber existido una síntesis de proteínas y una copia de ADN independiente del núcleo. Lo que pudo originar bacterias más complejas que unidas a otras bacterias más grande(s) por simbiosis dio lugar a la célula eucarionte.

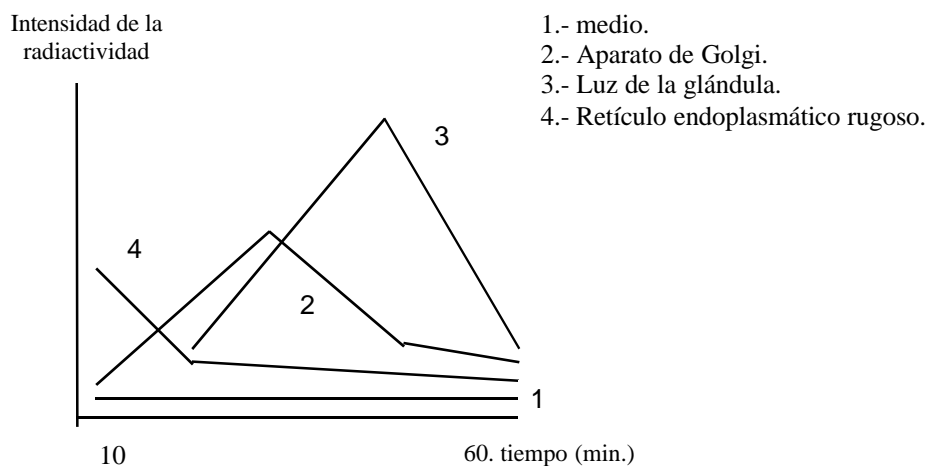
La célula toma nutrientes (lípidos, glúcidos, proteínas, etc ...) o los sintetiza ella misma para realizar las funciones, mediante los procesos que tienen lugar en ella (y en sus orgánulos). Además, estos nutrientes le dan diversas propiedades a las células indispensables para ella (ej = controlar lo que entra y sale de ella, una cierta movilidad, etc ...).

En definitiva, la célula es la unidad biológica de todo organismo, independiente e indispensable para la vida”.

Podemos observar que en esta ocasión, Yaiza ha construido un modelo mental como sustrato de lo que nos comunica que está imbuido de un mayor poder explicativo, un modelo o representación que la dota de la capacidad de articular de mejor manera sus ideas al respecto y que, en esa medida, le permite entender de mejor manera, también, la entidad que representa. Es curiosa la manera de organizar su información pues comienza describiendo estructuras y hasta con cierto detalle y, después, comenta algo de procesos aunque de manera muy genérica, no descendiendo, por ejemplo, al procesamiento energético (¡ya estudiado en dos ocasiones!) que justifica el comportamiento de la célula como tal unidad de vida; lo anterior podría interpretarse como la consecuencia de pensar primero en el sustrato físico, estructural, y después en cómo funciona aunque sea sólo en la superficialidad de ese comportamiento, es decir, la forma de operar mentalmente en esta ocasión por parte de esta alumna da cuenta de un trabajo mental que aborda independientemente ambos aspectos, o sea, lo que hemos llamado modelo mental dual de la célula. Cuando lo ejecuta para prever comportamientos o para aplicar en situaciones problemáticas los contenidos trabajados, como es lógico, pues no la dota de comprensión global, obtenemos como resultado pobres deducciones e inferencias, detectándose incluso respuestas sin sentido, como demuestra el siguiente ejemplo:

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo.

Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

“En el medio exterior no sufre ninguna variación ya que todo ocurre dentro de la célula y la membrana plasmática lo aísla de él.

La luz de la glándula es la que alcanza más, ya que a ella le influye la electricidad más que a nadie y se produce su máximo valor en el minuto 45.

El aparato de Golgi alcanza su máximo valor en el 25 (min.) y el retículo endoplasmático rugoso según empezó.

Todo esto, creo que se produce a causa de la bomba de Na-K o mejor dicho de la bomba de calcio. Ya que el Ca^{2+} , es elemento más abundante de la leche.

La diferencia de tiempo en alcanzar el máximo valor se debe a que el intercambio de protones y electrones entre el exterior y el interior de la célula tarda un poco más”.

Ese mismo modelo mental dual del que ya se ha hablado es el que se desprende de lo que hace Yaiza en el examen de Proteínas (14-3-97). Sus frases siguen siendo personales y escribe de otra manera, articulando mejor su discurso y organizando autónomamente la información que maneja; no usa muchos conceptos organulares pero sí moleculares y, también, recurre a abundantes conceptos comportamentales, pero sus deducciones e inferencias siguen siendo bastante débiles. Cuando explica la catálisis termina recurriendo a una analogía que, como se recordará, supone, como mínimo, la definición de elementos de la entidad correlacionados con elementos del símil y, en este caso, una cierta comprensión del proceso ya que aborda eso precisamente, algo en acción que en esta ocasión pretende explicar el papel de los enzimas en la célula.

“Se parece a cuando subes una cuesta y necesitas impulso; luego si es llano o bajada no te hace falta nada”.

Pero veamos qué piensa Yaiza que le ocurrirá a la estructura y al funcionamiento celular si no existieran los enzimas.

“Si no existieran los enzimas muchos de los procesos que realiza la célula para su mantenimiento no se llevarían a cabo y, por tanto, podría llevar a la muerte de la estructura celular (ej: = NAD, FAD).

Además, los enzimas son los que favorecen la rapidez de las reacciones y lo que hace la catálisis enzimática (donde se obtiene(n) productos que son necesarios para empezar el metabolismo celular)”.

Si los procesos no se llevan a cabo, la estructura que los sustenta se muere, pero hasta ahí llega su razonamiento, no aportando más explicaciones que den muestras de que realmente tiene en su cabeza una célula en acción; si hemos de ser sinceros, la referencia a la estructura es muy tímida, centrandó más toda su argumentación en procesos celulares. Esto nos lleva a corroborar nuestra conclusión con respecto al modelo mental que ejecutó Yaiza cuando hizo este examen, modelo que no parece ser otro que dual y como otra prueba -¡consecuencia!- de ello, vemos que, otra vez, como ya se comentó, adolece de razonamiento válido en términos biológicos.

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?

- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

“Los herbicidas están compuestos por una serie de elementos que si son inhalados en gran cantidad son tóxicos.

Pero estos aminoácidos se consiguen a través de la fotosíntesis del nitrógeno. Donde el NH₂ es captado por las plantas a través de las raíces, sufriendo una reducción y dando lugar a nitrógeno y luego a nitratos en forma de amoniaco.

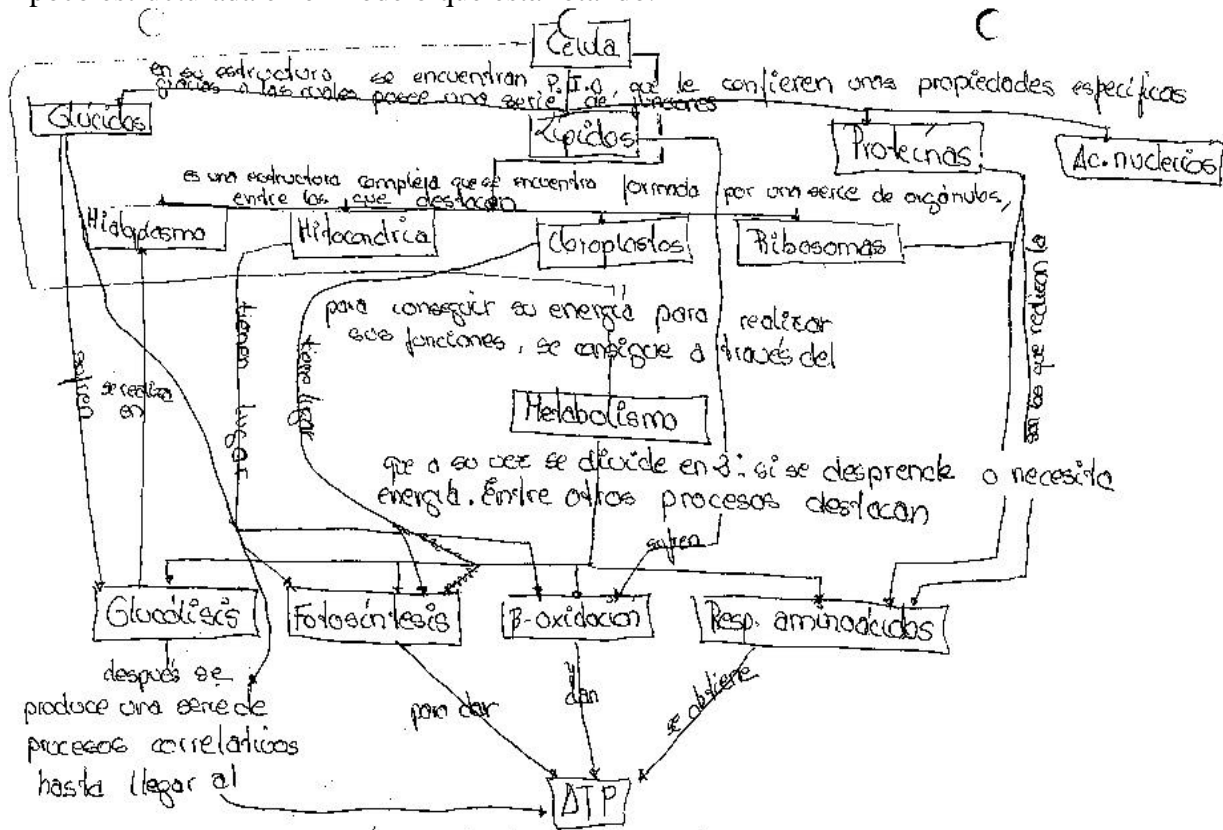
Luego el grupo nitrato por acción de una enzima sufre una reducción dando lugar a grupos nitro, que a su vez se transforman en amoniaco por acción de una enzima nitrito reductasa. Luego el amoniaco se transforma en aminoácidos.

Lo que puede ocurrir es que muchas de esas plantas mueran ya que no son capaces de contrarrestar la acción del herbicida, pero las malas hierbas pueden tener una mayor repelación sobre él.

Además, esta sustancia es un inhibidor y puede lograr que el enzima necesario para destruir el efecto del herbicida desaparezca o el enzima que logra que el amoniaco pasa a aminoácidos.

Comprobación = echar el herbicida sobre todas las plantas y observar qué ocurre al paso de un poco de tiempo y ver qué ha pasado con ellas, si unas están más “vivas” que otras; y luego analizarlas y comprobar qué ha ocurrido para que los aminoácidos se asimilen bien. Puede que se encuentren sustancias no ingeridas en las plantas muertas”.

El segundo mapa conceptual que se propone con la misma finalidad que el anterior (2-4-97) en esta ocasión limita el número de conceptos a quince. La selección que lleva a cabo esta alumna es adecuada y pertinente, observándose un cambio importante con respecto al anterior: utiliza larguísimas frases como nexos para explicar la unión que establece entre aquellos conceptos; pero las proposiciones resultantes, a pesar de ello, no resultan ser más que poco significativas en lo que a sentido biológico se refiere, pues no parecen ser otra cosa que repetición memorística de información poco estructurada en el modelo que está rotando.



Otra vez nos encontramos con una primera parte estructural destacada -¡con largas frases en los nexos!- y una segunda metabólica que hasta en este aspecto es diferente, pues las relaciones son muy simples, lo que nos conduce a concluir que Yaiza también esta vez pensó con un doble esquema de la célula, en un doble nivel que da cuenta por un lado de la estructura y por otro del comportamiento de la misma entidad, la misma “cosa”, que en su mente parece ser dos realidades diferentes e independientes. De este modo, como es lógico, se detectan errores de comprensión como “fotosíntesis para dar ATP”. Pero en este mapa hay un nexo que resulta especialmente llamativo por cuanto se entiende que representa la construcción en el modelo de Yaiza de tres conjuntos claramente delimitados de entidades, de propiedades y características de las mismas y de relaciones e interacciones entre ellas, a saber: “en su estructura se encuentran principios inmediatos orgánicos que le confieren unas propiedades específicas gracias a las cuales posee una serie de funciones” con el que esta alumna relaciona y une “célula” con “Glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos” en conjunto. ¿No es éste un dato de la forma según la cual se van construyendo conceptos que añadimos a esos tres conjuntos para generar un modelo que permita la comprensión de esa célula? Desde esta perspectiva, si no disponemos de los elementos necesarios y suficientes en el conjunto de entidades (o sea, orgánulos y moléculas) y si no construimos o atribuimos significado a sus propiedades y características, no podremos establecer conexiones entre ellos, de manera que no podremos dar sentido y atribuir significado tampoco a esas relaciones e interconexiones que, en definitiva, suponen el comportamiento celular que, como queda de manifiesto, descansa en esos orgánulos y moléculas, con lo cual, no podremos adquirir comprensión, un entendimiento global, causal, de esa entidad celular que estamos representando porque nos faltan elementos para ello, recurriendo, entonces, por economía mental, a esquemas parciales, a modelos de partes o aspectos, a “submodelos”. El nexo que comentamos del mapa conceptual de Yaiza es evidente que da pie para la interpretación anterior y, por lo que se observa, a esta joven le faltan, precisamente, elementos del segundo y, sobre todo, del tercero de los conjuntos comentados, de lo que como dato nos vale la diferencia ya comentada en las relaciones que hace para metabolismo (“para”, “dan”, “sufren”) en contraposición con las largas frases que unen los elementos estructurales.

El examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) es otro ejemplo de la forma que tiene Yaiza de plasmar la información en los últimos registros que requieren discurso; éste es aceptable, es decir, sigue un hilo conductor que hilvana las ideas que expresa en el mismo, usando frases personales, elaboradas y no producto de repetición simple y mecánica de lo que ha estudiado, lo mismo que su forma de manejar la información pero ni tan siquiera es capaz de plantear pobres deducciones de lo que es un ejemplo su nulo razonamiento frente a un problema abierto de genética. Cuando se le plantea en qué medida la estructura y el funcionamiento celular dependen de los ácidos nucleicos, su respuesta es como sigue:

“En gran parte, ya que los ácidos nucleicos son las moléculas rectoras del funcionamiento de la célula porque en ellos se encuentra la información y las instrucciones para llevar a cabo todo el comportamiento y funcionamiento de la célula.

En la estructura = porque se encuentran en el núcleo y son los encargados de que todo esté bien, ya que son los que hacen que de una célula madre salgan otras (sin mutaciones) y “perfectas” para la supervivencia de la célula”.

El primer párrafo hace referencia a comportamiento y en el segundo, los ácidos nucleicos están en el núcleo pero vuelve a hablar de funcionamiento; ¿pensó en su

estructura?. En términos conceptuales, vemos que usa hasta con profusión tanto elementos estructurales como dinámicos pero, como se ha dicho, prácticamente no se observan deducciones, no hay indicios de razonamientos válidos desde el punto de vista biológico. ¿Podríamos concluir que frente a este examen generó un modelo dual de la célula, si atendemos a su respuesta anterior, o ni siquiera eso, si vemos que no es capaz de plantear inferencias? Cuando se ve en la necesidad de interpretar un dibujo con algunas viñetas para ver en qué medida refleja la estructura y el funcionamiento celular (12-5-97), otra vez nos encontramos con indicios de que construyó un modelo mental dual como intermediario ante esta tarea cognitiva; Yaiza de nuevo recurre a frases librescas y a una pobre articulación de los párrafos que constituyen su redacción, lo que es un signo de su limitado poder explicativo y, además, tiene dificultades para echar mano de la información que las viñetas ofrecen como análoga de lo que se correspondería con el papel biológico de los orgánulos que simulan. No parece ante este panorama que Yaiza haya modelado en su cabeza una célula en acción que le permitiera hacer la interpretación que se le solicitó, sino que, por lo que exterioriza, debe tener en su mente un modelo que la lleva a expresar un funcionamiento-suma de la célula, un catálogo de elementos y, paralelamente, una relación de lo que esas “cosas” hacen, sin establecer conexiones o relaciones temporales o de continuidad espacial tan siquiera.

“Creo que es un dibujo muy didáctico.

El dibujo de la membrana expresa cómo es por ella por donde entra(n) las sustancias a la célula, pero no puede entrar cualquiera, sino que (el hombre) se observa cómo se deja entrar a alguien y no a todo el mundo (permeabilidad selectiva).

El dibujo del núcleo representa que éste es el “ordenador” de la célula, que es en él donde se descifra todo sobre las sustancias que han entrado (ADN y código genético).

En los ribosomas y el retículo endoplasmático es donde se produce la síntesis proteica que son utilizadas para las diversas funciones.

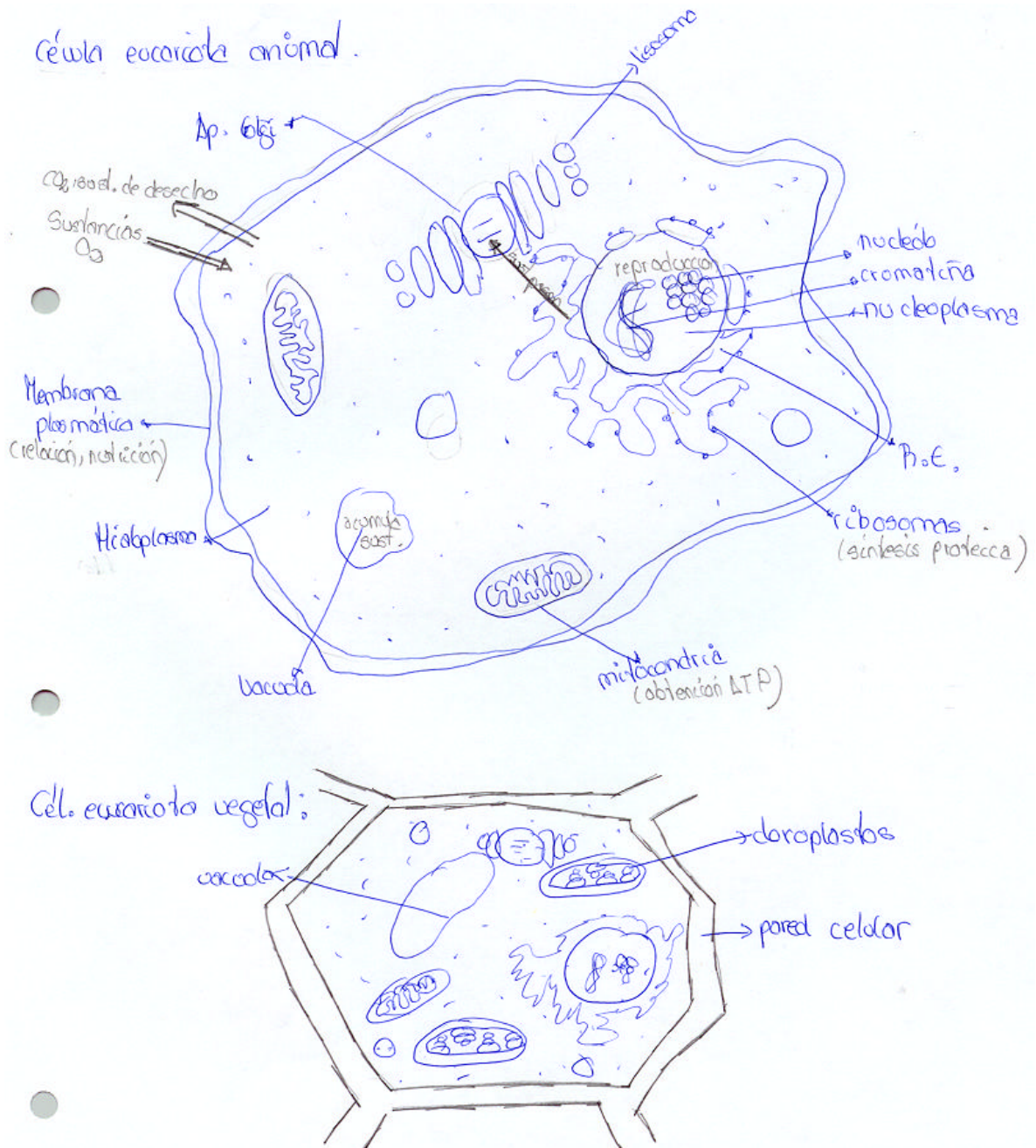
En la vacuola de almacenamiento se almacena todo aquello que no se va a utilizar en un corto espacio de tiempo. Y que funcionara como reserva.

El dibujo de la mitocondria representa que ella es la fábrica de todos los procesos de la célula, ya que es en ella donde se produce b-oxidación, lipogénesis, etc, ... para obtener energía para el funcionamiento de la célula.

La vacuola digestiva se ve como se está separando en partes más pequeñas para su mejor digestión, ya que hay que romper sus enlaces para su asimilación.

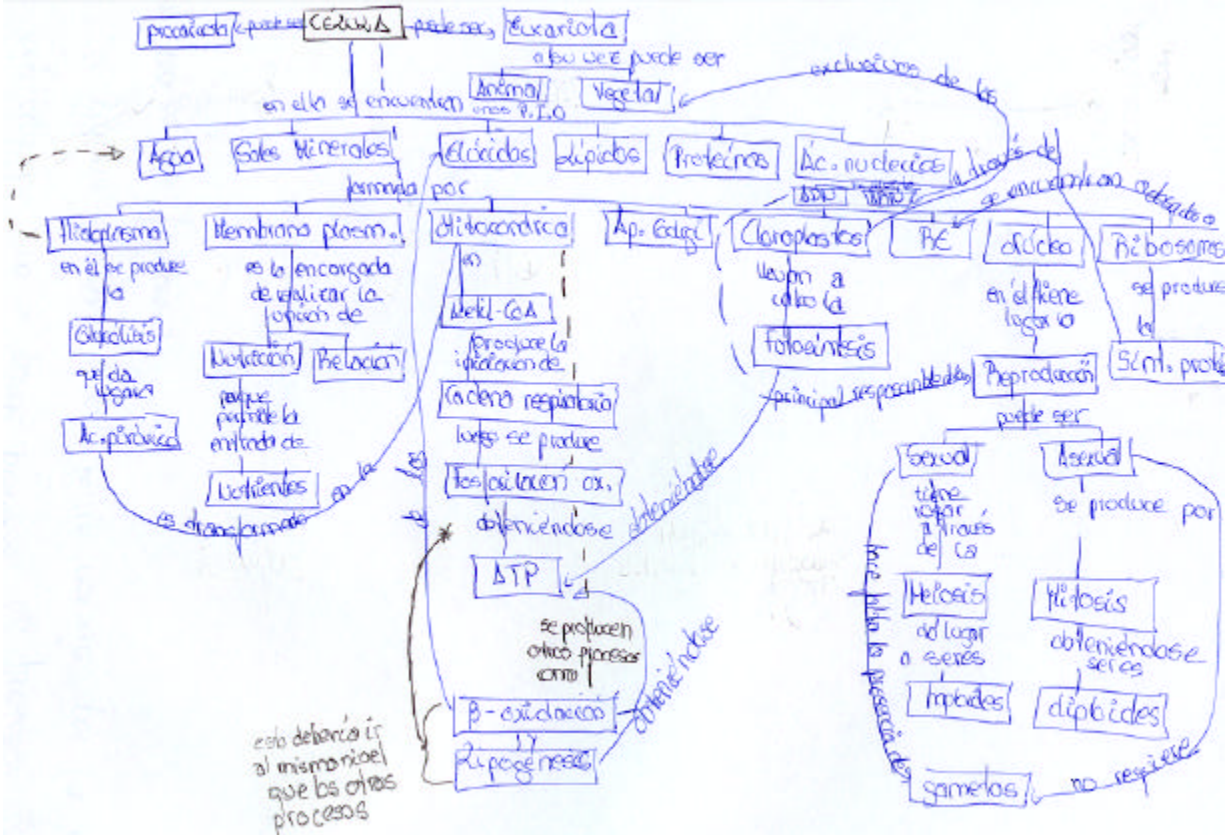
Y los lisosomas son como los obreros que deben romper esos enlaces”.

El dibujo que hace Yaiza para plasmar estructura y funcionamiento celular (16-5-97) tiene como curiosidad que hace dos: célula animal y vegetal. Los diseños son librescos, el prototipo de lo que vemos en los libros de texto, si bien en el primero de ellos podemos ver algunas frases y algunas flechas que intentan dar una idea de comportamiento celular; establece una levísima relación de continuidad, pero no podemos con ello concluir que advierta causalidad en esa forma de actuar que caracteriza a una célula y su esquema de desarrollo responde otra vez a un funcionamiento-suma de esa unidad de la materia viva, según el cual identifica distintos orgánulos en ambos dibujos y en el primero de los dos expresa su papel biológico característico a través de esas frases de las que echa mano. Además, hemos de añadir que si bien es marcadamente explícito en lo que a orgánulos se refiere, usa muy pocos conceptos específicamente funcionales y, por ejemplo, no aborda el procesamiento energético que define a una célula como tal. Veamos lo que nos entrega como producto de su forma de “ver” la célula.



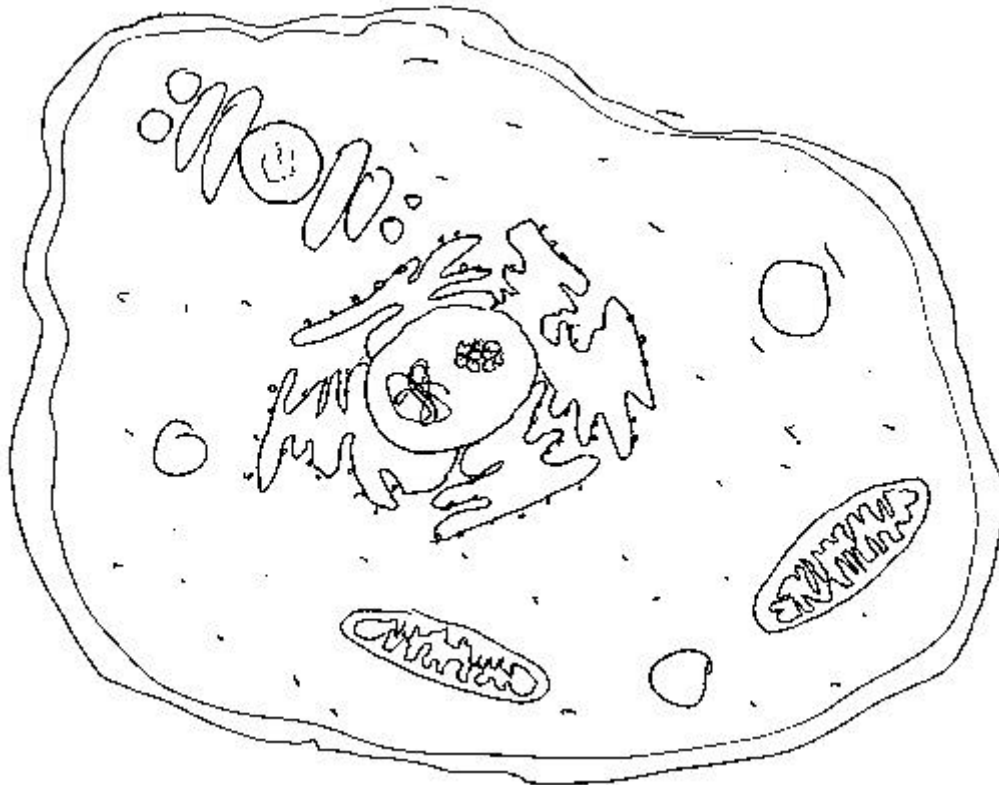
Y su tercer mapa conceptual (19-5-97) no se puede decir que sea parco en lo que a su selección de conceptos se refiere, selección que resulta pertinente en función del contenido trabajado a lo largo del curso. Los nexos que utiliza son explicativos y en esta ocasión no son aquellas largas frases que hiciera en el segundo mapa y que tenían tintes de repetición mecánica de la información que manejaba pero, aun así, las proposiciones resultantes son otra vez poco significativas en el sentido de que dan poca información sobre el grado de significación que tienen en su estructura cognitiva, el sentido biológico que ella les ha atribuido; de hecho, en más de una ocasión el significado no surge sino de conexión de varias proposiciones ya que responden a frases escritas en vertical. La jerarquización que lleva a cabo sigue el esquema de los niveles de organización característico de los libros de texto, organización que no se corresponde con la establecida para la asignatura y que llega al extremo, por ejemplo, de que no relaciona los niveles molecular y organular (lo que, por otra parte, resulta llamativo pues en el segundo mapa conceptual sí lo hizo). Está plasmando un catálogo de procesos en el nivel que dedica a ello y su ubicación en las estructuras correspondientes,

lo que se interpreta como la consecuencia de un trabajo mental que la lleva a entender la forma de actuar de la célula como un funcionamiento-suma, lo que hemos considerado una característica del modelo mental dual de la misma; la explicación que hace del mapa lo confirma.



“He cogido como concepto clave = célula, y a partir de ahí, he puesto su composición y estructura. Luego he escrito lo que hace cada estructura para el funcionamiento de la célula, porque creo que sin orgánulos no se puede(n) producir los procesos en ellos. Y se obtiene ATP, que es la energía por la que la célula realiza sus funciones”.

En todo caso, ha habido un avance en ese doble esquema con el que opera, en función del cual rota o bien su vertiente estructural o bien su vertiente comportamental porque, por una parte, se ha producido una importante incorporación conceptual, un aumento de elementos de esos tres conjuntos de los que ya hemos hablado, si bien no se ha correspondido en todos ellos con su asimilación, es decir, con la atribución de los significados biológicos aparejados a los mismos; y, por otra parte, porque, cuanto menos, y aunque trabajen por separado, esos “submodelos” están teniendo algunos puntos de conexión, algunas interconexiones de simple ubicación de procesos pero existentes que pueden suponer pasos importantes hacia una comprensión más global, integral de la única entidad que Yaiza aborda desde perspectivas distintas como si fuera dos cosas diferentes. Por eso resulta paradójico lo que esta alumna hace en el cuestionario final (28-5-97); es como si sólo hubiese pensado en estructura celular y hubiese borrado de su mente todo elemento que supusiera algún dinamismo en la misma, si bien es cierto que nombra algún que otro proceso pero sin entrar en sus significados. Su imagen, en todo caso, es algo más rica y no responde a un simple “huevo frito”, como cuando comenzó a trabajar el contenido celular al principio de curso.



Y sorprendentemente, si tenemos en cuenta que Yaiza había desarrollado un grado aceptable de elaboración personal en sus frases, recurre de nuevo a un lenguaje excesivamente libresco, lo que se evidencia en lo siguiente:

- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
- *“Unidad fisiológica, estructural y vital de los seres vivos.*
- *Estructura microscópica capaz de obtener la energía para realizar las funciones vitales de los seres vivos.*
- *Estructura compuesta por diferentes orgánulos, y cada uno de ellos tiene una función específica dentro de la célula”.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- *“Realiza distintos procesos metabólicos para la obtención de energía.*
- *Produce las sustancias necesarias para la vida; se producen en los orgánulos, que están relacionadas entre sí las funciones de cada uno.*
- *La definiría como el motor de la vida”.*

Con una representación tan limitada como la que da pie a las respuestas anteriores, es impensable que esta alumna haya modelado algún funcionamiento y, ni mucho menos, que pueda plasmarlo gráficamente, demanda ante la que responde:

“No sabría hacerlo”

Y lógica es también su pobre capacidad deductiva y de razonamiento biológico consistente, como se muestra en el siguiente dato:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

- a) “Tener los mecanismos y los orgánulos que hacen falta para su funcionamiento (mitocondria, cloroplastos, glucólisis, **b**-oxidación, etc, ...). Y poseer su estructura (además de estar viva).
- b) Poseer una membrana (plasmática) que permita tener un volumen constante y controlado el paso de sustancias que entran en la célula.
- c) Serlo”.

Pero ¿qué es para Yaiza en este momento “estar viva” y “serlo”? ¿En qué hace descansar la condición de vida? Porque parece trabajar sólo con una simple estructura celular en su mente que no hace nada que pueda considerarse como tal. Y es que esta alumna todavía no tiene clara una forma de expresar lo que es una célula, como confiesa en su entrevista final (11-6-97).

Yaiza: es que haces cada pregunta M^a Luz, por Dios. ¿organismo viviente? Pues yo creo que laaa ...

ML: ¿todavía te sigo sorprendiendo con las preguntas que hago, Yaiza?

Yaiza: es que nunca me ha gustado que me hagas preguntas así, de ese tema porque es que llevo todo el año con eso ... y todavía no ... una definición así muy clara, no tengo.

ML: todavía no tienes una definición muy clara.

Yaiza: hombre sí, muy estática, ... unidad biológica, funcional y estructural ... pero eso no sirve.

ML: ¿eso es lo que tú crees que es?

Yaiza: ¡tch! no, es mucho más complejo que eso.

Cuando se le pide que imagine una célula y que la describa, ella recurre a la fábrica otra vez, una analogía que se usó en clase y que le permite comprender cierto funcionamiento.

ML: célula ¿qué imagen ves?

Yaiza: ¡uf! la imagen que he estudiado de la célula.

ML: ¿cómo es? descríbemela.

Yaiza: ¡eh! [...] con su membrana, con sus orgánulos, sus sustancias por allí, saliendo del, ... los desechos.

ML: saliendo los desechos.

Yaiza: el dióxido, el oxígeno entrando ... bueno y ahí.

ML: ¿se ve entrando?

Yaiza: el oxígeno.

ML: ¡ah! que no te oigo.

Yaiza: nutrientes ... todo.

ML: se ve entrando oxígeno, nutrientes.

Yaiza: y eso. La célula normalita, la que hemos dado

ML: la normalita, la que han dado; pero vamos a ver Yaiza, es que me estás diciendo: veo entrando, veo saliendo; entonces no responde a una foto.

Yaiza: ... no, responde a lo que, el dibujito como lo simularía yo, al dibujito que se ve con la membrana y con [...] con la puertita que nos dibujó eeennn, cuando aquello que era un montón de muñecos que teníamos que deducir.

ML: sí, o sea que es una imagen que tiene movimiento.

Yaiza: sí.

Su célula es “normalita y corriente de libro” y más simple que lo que se le enseña, una foto de microscopía electrónica para su comparación con su propia idea y su interpretación; el diálogo que se genera es el siguiente:

ML: esto es una imagen.

Yaiza: sí.

ML: ¿de qué?

Yaiza: de una célula.

ML: de una célula; ¿esta imagen de una célula se parece a tu imagen de célula, a la que me describiste antes?

Yaiza: ¡tch! no.

ML: no.

Yaiza: la mía es más ..., ... no es tan profundo, esto es una foto microscópica óptica, no sé cómo es.

ML: esto es una foto de microscopía.

Yaiza: que se veee, se ve todo más pequeño; lo mío es una visión muy general.

ML: lo tuyo era una.

Yaiza: claro.

ML: visión muy general.

Yaiza: claro, muy simple, no era con tanto ... ¡mrmrmr! lo mío es una célula normalita y corriente como sale en un libro normal y corriente que se me vino a la cabeza.

ML: entonces vamos a ver, ¿es que esta célula no es normal y corriente? ¿esta imagen?

Yaiza: sí pero es muy precisa.

ML: es muy precisa. ¿Quieres decir que tú has idealizado lo que es la célula y has hecho un modelo más simple?

Yaiza: sí.

ML: sí. Aquí hay más cosas dices tú.

Yaiza: sí, más ... sustancias; ... muy si, la mía era muy ... un núcleo, un aparato de Golgi por allí, una mitocondria por acá ... y ahí ... ¡todo lo que se ve!, todo eso.

ML: todo lo que se ve, todo esto. Aquí quieres decir que hay pocos espacios.

Yaiza: ... sí.

ML: libres.

Yaiza: sí; la mía era muuuy ¡jej! muy suelto todo.

En esa idea de mayor simplicidad insiste más adelante en la conversación; resulta curioso que cuando se le pregunta qué hace para interpretar esa foto, Yaiza sólo ejecuta su “submodelo” estructural, un esquema que no es exactamente lo que se imaginó en la descripción anterior y es que, de todos modos, ella vio en ese momento un comportamiento muy general porque no se imaginó los procesos celulares, lo que corrobora nuestra aseveración de que no modela la célula en su pleno significado, en su esencia, lo que limita su comprensión de este complejo concepto científico.

ML: has identificado esto como membrana, ¡aaahhh! ..., ¿para interpretar esta foto has utilizado como marco teórico de referencia tu propio modelo?

Yaiza: ..., ..., no.

ML: no; ¿qué has usado, entonces, para.

Yaiza: no.

ML: interpretar esta foto? [...] ¿Entonces qué has utilizado para interpretar la foto?

Yaiza: me he estado fijando en las estructuras y al ver la estructura pueees ... me he dado cuenta porque mi, por ejemplo mi núcleo es mucho más redondo, mucho más perfecto, por ejemplo, podía haber sido, al no tener membrana aquí, la envoltura nuclear, podía haber estado en otra fase de la reproducción,

ML: todo esto que está aquí es membrana.

Yaiza: sí, membrana nuclear.

ML: nuclear, sí.

Yaiza: claro, todavía está aquí el nucleolo, ..., ... bueno, no sé.

ML: sí es nucleolo; pero entonces vamos a ver Yaiza, tu modelo, el modelo que tú me dijiste antes,

Yaiza: sí.

ML: ¿no te ha permitido interpretar lo que has interpretado?

Yaiza: sí, sí me ha permitido, me ha ayudado ... pero ¡tch! cuando tienes que fijarte en lo que es una célula pues tienes queee ir viendo las partes por partes ... porqueee

ML: y cuando dices: esto es núcleo, ¿qué es lo que estás usando, qué es lo que mentalmente has puesto en juego para decir "esto es núcleo que está en interfase, esto es.

Yaiza: pueees

ML: membrana" ¿qué has puesto en juego mentalmente?

Yaiza: pues ... teniendo en cuenta mi foto, me he dado cuenta que el núcleo tiene que estar separado, está en el hialoplasma pero a la vez tiene que haber algo que los separe, debe tener la envoltura nuclear; después aquí se ve claramente el nucleolo.

ML: entonces, vamos a ver, tú piensas que lo que has hecho es aplicar tu modelo a lo que es esta imagen.

Yaiza: ¡mj!

ML: sí. ... has aplicado tu modelo a esta imagen.

Yaiza: *más o menos sí.*

ML: más o menos sí. Pero tu modelo es dinámico y esta imagen es estática.

Yaiza: *sí.*

ML: entonces ¿qué has aplicado? ¿tu modelo para analizar estructuras o has aplicado tu modelo para analizar funcionamiento?

Yaiza: *estructura.*

ML: para analizar estructura.

Yaiza: *sí.*

ML: ¡aaahhh! ... tu modelo ¿qué incorpora más, estructura o funcionamiento?

Yaiza: *¡tch! estructura; lo veo [...]*

ML: tu modelo ¿eh! incor, incorpora más estructura.

Yaiza: *sí porque el funcionamiento que dije era muy ..., ... muy general.*

ML: muy general.

Yaiza: *¡claro! yo sólo dije que entraba yyy lo que sí entraba a la célula, lo que pasa que tendría que haber, tendría que haberme imaginado, que no me imaginé, los procesos en la mitocondria, en las vacuolas, todo y como no me lo imaginé.*

ML: no te imaginaste los procesos en cada orgánulo.

Yaiza: *no, sólo lo que es eel proceso en general.*

Cierto es que hemos extraído muchos fragmentos de la entrevista de Yaiza, pero aún hemos de destacar uno más; su modelo parcial es evidente, a juzgar por las producciones y verbalizaciones que se han analizado, que es un modelo dual que atiende por un lado a estructuras y por otro, e independientemente, a funcionamiento, si bien ya establece alguna que otra tímida correlación. Su trayectoria a lo largo de todo el curso, su forma de comunicar la manera de pensar en la célula nos ha conducido a interpretar esa construcción mental como intermediaria para poder hacerle frente a todo ese complicado contenido como modelo mental dual o B y con él se entiende que terminó el curso; pero ese modelo se enriqueció, se reestructuró a medida que se avanzaba en su estudio, tuvo como consecuencia un importante cambio en la forma de ver la célula por parte de Yaiza, una célula que, si bien no es integral, causal, comprensiva en su totalidad, ya no es, tampoco, un circulito con otro circulito dentro y así nos lo confiesa ella misma.

ML: los enzimas y esas cositas. ¡Aaahhh![...] ¿Ha evolucionado tu modelo de célula a lo largo del curso?

Yaiza: *por supuesto.*

ML: por supuesto; ¿en qué sentido?

Yaiza: *¡claro! llego aquí diciendo una membrana, esto, una célula es un circulito con otro circulito dentro que es el núcleo.*

ML: tú llegaste diciendo una célula es un circulito con otro circulito dentro.

Yaiza: *sí; esto es lo que yo aprendí en el colegio y fue con lo que yo llegué.*

ML: ¿y ahora?

Yaiza: *¿ahora? Ahora veo un montón de cosas metidas ahí dentro, ¡jej! el circulito sólo no está, cada, dentro de cada circulito hay, a su vez, cosas, orgánulos y es muy complicado y hay muchos procesos yyy ... ¡que va! No es lo mismo niii, bueno, ni la sombra.*

ML: ni la sombra. ¿Eso significa que ha evolucionado más lo que para ti es la estructura de la célula?

Yaiza: *sí, además de eso, me ha cambiado el sentido y el concepto de la vida.*

ML: ¿te ha cambiado el concepto de la vida?

Yaiza: *... el concepto de vida.*

ML: el concepto de vida, de vida.

Yaiza: *sí.*

ML: ¿por qué? ¿en qué sentido?

Yaiza: porque yo decía vivir qué es, no morir, y ahora ¡qué va a ser no morir!; va a ser que todo esto funcione como tiene que funcionar para que yo pueda vivir; ¡qué va! Ni la mitad de la...; no, me cambió todo.

ML: te cambió el concepto de vida, entonces; entonces, ¿no sólo te ha cambiado lo que es la estructura de una célula sino su funcionamiento?

Yaiza: sí, el funcionamiento del ser vivo por completo.

Su modelo mental, a pesar de ser dual, le ha permitido cambiar, no sólo lo que es el funcionamiento de la célula que no comprendía nada, sino el funcionamiento del ser vivo por completo, lo que es un dato de la importancia de abordar el nivel celular para adquirir comprensión biológica en todos los niveles.

ANEXO N° 31:

PASCUAL

NOMBRE: Pascual

CURSO: COU B

FECHA: 21-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, vida, eucariota, animal, ribosomas, aparato de Golgi, núcleo, mitocondria, nutrientes, energía, ARN, información, ADN, orgánulos, respiración celular, lisosomas, membrana celular.	Célula, animal, vegetal, eucariotas, procariotas, núcleo, orgánulos, pared celular, seres vivos, vida, reproducción, relación, nutrición, energía, membrana, mitocondrias, cloroplastos, principios inmediatos, vacuolas, centriolos, ribosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, nucleolo, respiración celular.	Células, vida, ser vivo, energía, funciones vitales, principios inmediatos, reacciones, entropía, nutrientes, mitosis, meiosis, catabolismo, anabolismo, membrana, cromatina, núcleo, glúcidos, orgánulos, complejidad, vacuolas, mitocondria, aparato de Golgi, nucleolo, envoltura nuclear, lípidos, ADN, cromosomas.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas)	Simple y pobre (frases sueltas y no hay hilo conductor)	Simple y pobre (frases y respuestas muy cortas; no hay discurso)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma (Ej: preg. 4 y preg. 6 ¡incluso con errores!)	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (es muy difícil para mí decir cómo funciona)	Uso (1º y 3º) No uso (2º) (es algo muy complejo, no sabría dibujarla. 3º dibujo: más elementos y más diferenciados)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: azúcar. • Proteína: membrana. • Lípido: membrana. • Ácido nucleico: cromatina. • Energía: el Sol. • Célula: la imagen de siempre, estática. • Meiosis: separación de ADN -de libro. • Reproducción: el hombre y la mujer. • Ser vivo: yo mismo.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres (de célula a mecanismo de ventilación)	Pobres	Pobres (le cuesta, por ej., la interpretación de la foto)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • funcionamiento de la célula: como ventilación e intercambio de gases. Biol./repetición de clase. 	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> • para funcionamiento usaría el símil de la fábrica como imagen. Extrabiol./repetición de clase

- Yooo cuandooo ... ¡tch! cuando pienso en una célula nooo, no veo tantos rollos ahí como se ven ahí. Imagen mental mucho más simple, menos compleja y aislada
- ¡No es en analogías exactamente!: tiene una imagen para la estructura que es más simple que la realidad pero que tiene todos los elementos; pero no tiene imagen, no tiene un modelo para el funcionamiento de la célula. Frases sueltas; qué hace cada orgánulo.

NOMBRE: Pascual

CURSO: COU B

FECHA: 22-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, procariota, eucariota, vegetal, animal, membrana, núcleo, citoplasma, hialoplasma, mitocondrias, cloroplastos, respiración celular, glucosa, fotosíntesis, anaerobia, aerobia, glucólisis, neoglucogénesis, glucógenogénesis, fermentación, ácido pirúvico, NAD, FAD; ATP, CO ₂ , etanol, CoA, ciclo de Krebs, fotoquímica, biosintética, NADH, FADH ₂ , cadena respiratoria, fotones, ciclo de Calvin.	Célula, nutrientes, ATP, lípidos, proteínas, glúcidos, orgánulos, sistemas de endomembranas, ribosomas, membrana plasmática, F. transporte, F. reserva, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria.	Célula, principios inmediatos orgánicos, ATP, nutrientes, principios inmediatos inorgánicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, agua, sales, orgánulos, membrana plasmática, retículo endoplasmático, mitocondria, cloroplasto, vacuola, Golgi, lisosomas, ribosomas, núcleo, envoltura nuclear, cromatina, nucleolo, nucleoplasma, reacciones, respiración celular, fotosíntesis, materia orgánica, materia inorgánica, vía aerobia, vía anaerobia, glucólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, fermentación, sistema inmune, linfocitos, anticuerpos, genes, cromosomas, cromátidas, herencia.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: NAD, NADH, FAD, etc)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente (excepto: reacciones, vía aerobia, vía anaerobia)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas (hay algunas nada significativas)	Poco significativas	Poco significativas (Ej: glucólisis -pasa a- ciclo de Krebs)
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente	De libro (bioquímica, citología, metabolismo)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	Explicación: reafirma lo anterior: pobre, repetición mecánica, información poco elaborada.	Dos argumentos en la explicación que justifican ausencia de jerarquía y, desde mi punto de vista, repetición mecánica.	

NOMBRE: Pascual

CURSO: COU B

FECHA: 22-2-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, lisosomas, nutrientes, vacuola, respiración, retículo endoplasmático liso, información, ADN, proteínas, enzimas, núcleo.	Célula, reacciones, agua, seres vivos, energía, vida, eucariota, animal, vegetal, procarionta, sales minerales, proteínas, ADN, polaridad, ósmosis.	Cloroplasto, membrana, lípidos, proteínas, reacciones, materia, energía, autótrofo, heterótrofo, fotosíntesis, respiración catabolismo, estroma, tilacoides, glucólisis, hialoplasma, mitocondria, glúcidos, enzimas, nutrientes, monosacáridos, ATP, ciclo de Calvin, anaeróbicas, aeróbicas, reserva.	Citosol, reacción, energía, mitocondria, matriz, β -oxidación, orgánulos, dictiosomas, vesículas, retículo endoplasmático, lisosomas, aparato de Golgi, secreción, proteínas, célula, procesos vitales, síntesis, permeabilidad, seres vivos, vida, núcleo, citoplasma, cloroplastos, crestas mitocondriales, ribosomas, lípidos, membrana plasmática, agua, ácidos grasos, ATP, desecho.	Microtúbulos, citoesqueleto, cilios, flagelos, cromatina, miofibrillas, membrana, proteínas, antígenos, sistema inmunitario, anticuerpos, catálisis, energía, enzimas, holoproteínas, holoenzimas, apoenzima, cofactor, coenzimas, reacciones, síntesis proteica, ARN mensajero, traducción, núcleo, ribosomas, ARN transferente, aminoácido, inmunidad, respuesta inmunitaria, linfocitos, células, sueros, vacunas, información, ADN, transporte.	Fenotipo, genotipo, poliploidía, haploides, meiosis, aneuploidía, cromosomas, nucleótidos, paquitenio, ligamiento, cromátida, herencia, fecundación, cigoto, reproducción sexual, reproducción asexual, animales, vegetales, mitosis, gametos, sexo, variabilidad genética, proteínas, célula, síntesis, ADN, replicación, transcripción, traducción, núcleo, profase, envoltura nuclear, huso mitótico, metafase, centrómeros, anafase, telofase, información, heterocigótico, genes.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal (aunque baja)	De libro	De libro	Elaboración personal (frases no literales)	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (no hay discurso; sólo frases sueltas)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre (no hay hilo conductor; frases sueltas sobre todo en respuesta libre)	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 5)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (hay hilo conductor en el discurso)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica (Ej: célula)	Repetición mecánica	Repetición mecánica (¡he dudado!: muy clara en conceptos pero no tanto en pcds.)	Organización autónoma	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso (muy poco apoyo en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Elaboradas (Ej: preg. 7 ¡ De los 8 datos)	Pobres (Ej: preg. 6)	Elaboradas (Ej: preg. 5 A)	Elaboradas (Ej: preg. 6)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Pascual

CURSO: COU B

FECHA: 22-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	Ribosomas, aparato de Golgi, núcleo, mitocondria, lisosomas.	Pared celular, célula, vegetal, animal, retículo endoplasmático, membrana, vacuola, centriolo, ribosoma, aparato de Golgi, núcleo, nucleolo, mitocondria, cloroplasto,	Centrosoma, nutrientes, H ₂ O, sales, lípidos, proteínas, glúcidos, membrana plasmática, vacuola, mitocondria, retículo endoplasmático, ribosomas, núcleo, envoltura nuclear, nucleolo, aparato de Golgi, lisosomas, célula, animal, vegetal, cloroplastos, pared celular, cromosomas, reproducción.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (y bastante incompleta)	Identificación	Identificación (sólo señala con flechas el camino de O ₂ y nutrientes)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Pascual

CURSO: COU B

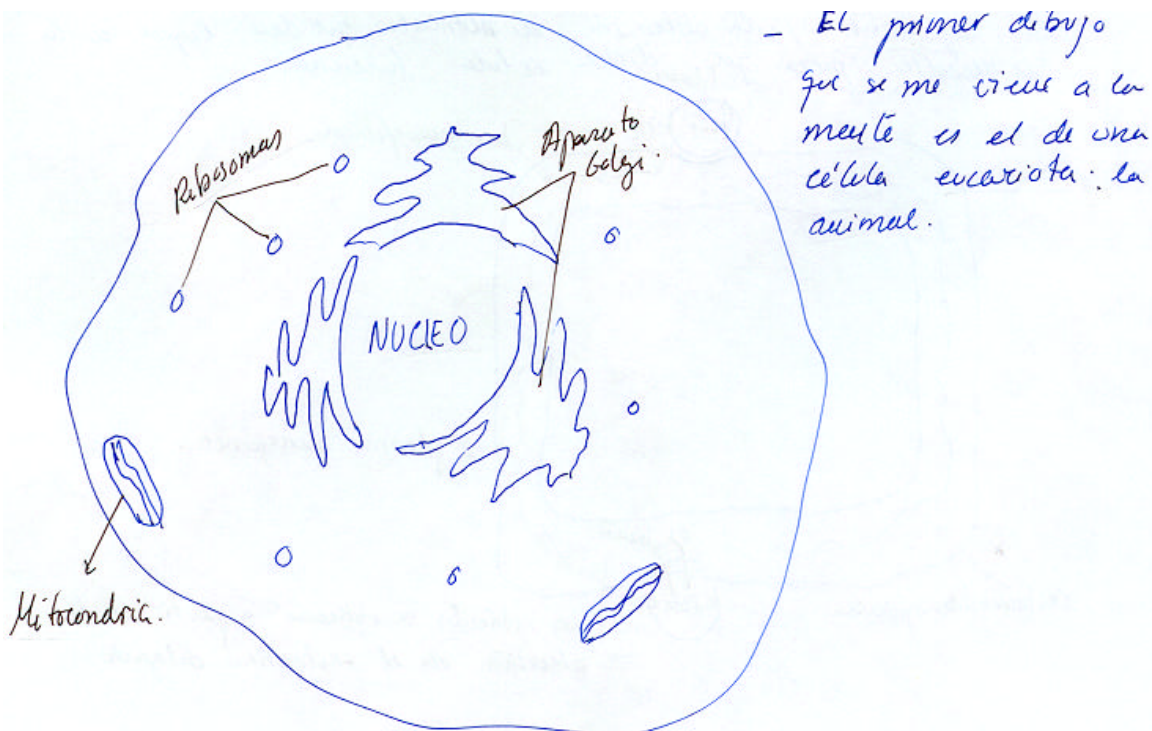
FECHA: 22-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Célula, vida, eucariota, animal, ribosomas, aparato de Golgi, núcleo, mitocondria, nutrientes, energía, ARN, información, ADN, orgánulos, respiración celular, lisosomas, membrana celular.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, reacciones, agua, seres vivos, energía, vida, eucariota, animal, vegetal, procariota, sales minerales, proteínas, ADN, polaridad, ósmosis.
ex. GLUC. 9/12/96	Cloroplasto, membrana, lípidos, proteínas, reacciones, materia, energía, autótrofo, heterótrofo, fotosíntesis, respiración catabolismo, estroma, tilacoides, glucólisis, hialoplasma, mitocondria, glúcidos, enzimas, nutrientes, monosacáridos, ATP, ciclo de Calvin, anaeróbicas, aeróbicas, reserva.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Célula, procariota, eucariota, vegetal, animal, membrana, núcleo, citoplasma, hialoplasma, mitocondrias, cloroplastos, respiración celular, glucosa, fotosíntesis, anaerobia, aerobia, glucólisis, neoglucogénesis, glucógenogénesis, fermentación, ácido pirúvico, NAD, FAD; ATP, CO ₂ , etanol, CoA, ciclo de Krebs, fotoquímica, biosintética, NADH, FADH ₂ , cadena respiratoria, fotones, ciclo de Calvin.
ex. LÍP. 26/2/97	Citosol, reacción, energía, mitocondria, matriz, β-oxidación, orgánulos, dictiosomas, vesículas, retículo endoplasmático, lisosomas, aparato de Golgi, secreción, proteínas, célula, procesos vitales, síntesis, permeabilidad, seres vivos, vida, núcleo, citoplasma, cloroplastos, crestas mitocondriales, ribosomas, lípidos, membrana plasmática, agua, ácidos grasos, ATP, desecho.
ex. PROT. 14/3/97	Microtúbulos, citoesqueleto, cilios, flagelos, cromatina, miofibrillas, membrana, proteínas, antígenos, sistema inmunitario, anticuerpos, catálisis, energía, enzimas, holoproteínas, holoenzimas, apoenzima, cofactor, coenzimas, reacciones, síntesis proteica, ARN mensajero, traducción, núcleo, ribosomas, ARN transferente, aminoácido, inmunidad, respuesta inmunitaria, linfocitos, células, sueros, vacunas, información, ADN, transporte.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Célula, nutrientes, ATP, lípidos, proteínas, glúcidos, orgánulos, sistemas de endomembranas, ribosomas, membrana plasmática, F. transporte, F. reserva, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria.
ex. AN. 12/5/97	Fenotipo, genotipo, poliploidía, haploides, meiosis, aneuploidía, cromosomas, nucleótidos, paquiteno, ligamiento, cromátida, herencia, fecundación, cigoto, reproducción sexual, reproducción asexual, animales, vegetales, mitosis, gametos, sexo, variabilidad genética, proteínas, célula, síntesis, ADN, replicación, transcripción, traducción, núcleo, profase, envoltura nuclear, huso mitótico, metafase, centrómeros, anafase, telofase, información, heterocigótico, genes.
Símil de la fábrica 12/5/97	Membrana, célula, lisosomas, nutrientes, vacuola, respiración, retículo endoplasmático liso, información, ADN, proteínas, enzimas, núcleo.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Centrosoma, nutrientes, H ₂ O, sales, lípidos, proteínas, glúcidos, membrana plasmática, vacuola, mitocondria, retículo endoplasmático, ribosomas, núcleo, envoltura nuclear, nucleolo, aparato de Golgi, lisosomas, célula, animal, vegetal, cloroplastos, pared celular, cromosomas, reproducción.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Célula, principios inmediatos orgánicos, ATP, nutrientes, principios inmediatos inorgánicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, agua, sales, orgánulos, membrana plasmática, retículo endoplasmático, mitocondria, cloroplasto, vacuola, Golgi, lisosomas, ribosomas, núcleo, envoltura nuclear, cromatina, nucleolo, nucleoplasma, reacciones, respiración celular, fotosíntesis, materia orgánica, materia inorgánica, vía aerobia, vía anaerobia, glucólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, fermentación, sistema inmune, linfocitos, anticuerpos, genes, cromosomas, cromátidas, herencia.
Cuestionario final 28/5/97	Célula, animal, vegetal, eucariotas, procariotas, núcleo, orgánulos, pared celular, seres vivos, vida, reproducción, relación, nutrición, energía, membrana, mitocondrias, cloroplastos, principios inmediatos, vacuolas, centriolos, ribosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, nucleolo, respiración celular.
Entrevista. 11/6/97	Células, vida, ser vivo, energía, funciones vitales, principios inmediatos, reacciones, entropía, nutrientes, mitosis, meiosis, catabolismo, anabolismo, membrana, cromatina, núcleo, glúcidos, orgánulos, complejidad, vacuolas, mitocondria, aparato de Golgi, nucleolo, envoltura nuclear, lípidos, ADN, cromosomas.

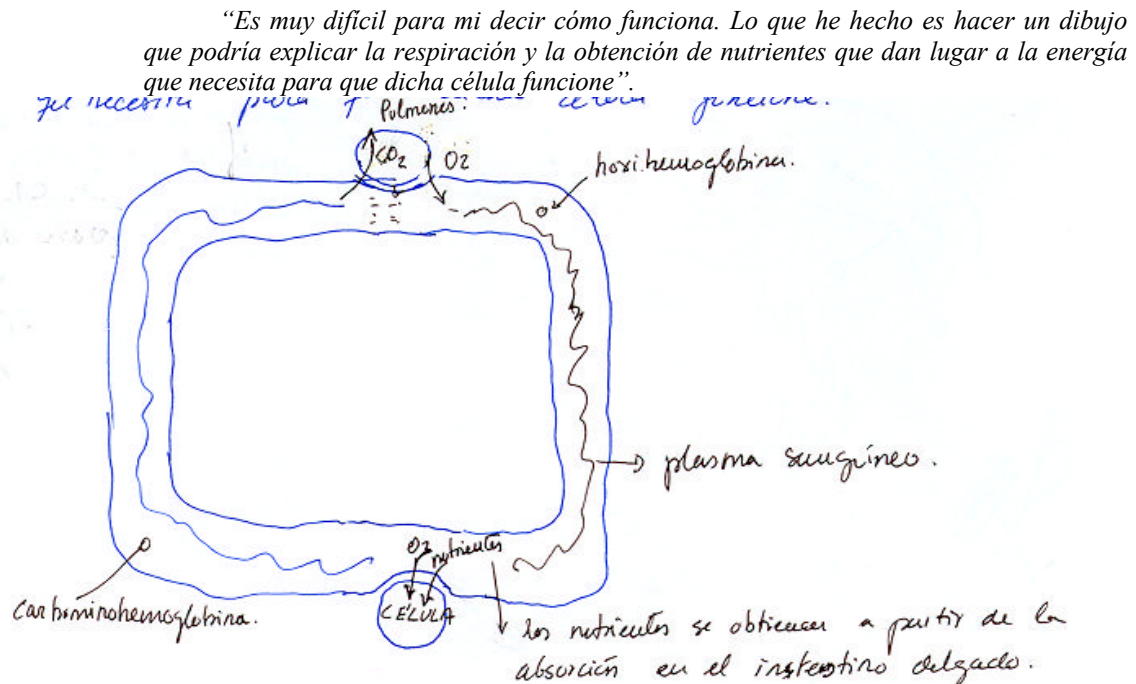
	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Ribosomas, aparato de Golgi, núcleo, mitocondria, orgánulos, lisosomas, membrana celular.	-	Cloroplasto, membrana, estroma, tilacoides, hialoplasma, mitocondria.	Membrana, núcleo, citoplasma, hialoplasma, mitocondrias, cloroplastos.	Citosol, mitocondria, matriz, orgánulos, dictiosomas, vesículas, retículo endoplasmático, lisosomas, aparato de Golgi, núcleo, citoplasma, cloroplastos, crestas mitocondrial es, ribosomas, membrana plasmática.	Microtúbulos , citoesqueleto , cilios, flagelos, miofibrillas, membrana, núcleo, ribosomas.	Orgánulos, endomembra nas, ribosomas, membrana plasmática.	Cromosomas , núcleo, envoltura nuclear, huso mitótico, centrómeros.	Membrana, lisosomas, vacuola, retículo endoplasmáti co liso, núcleo.	Centrosoma, membrana plasmática, vacuola, mitocondria, retículo endoplasmáti co, ribosomas, núcleo, envoltura nuclear, aparato de Golgi, cloroplastos, pared celular, cromosomas.	Orgánulos, membrana plasmática, retículo endoplasmáti co, mitocondria, cloroplasto, vacuola, Golgi, lisosomas, ribosomas, núcleo, envoltura nuclear, nucleolo, nucleoplasma , cromosomas.	Núcleo, orgánulos, pared celular, membrana, mitocondrias, cloroplastos, vacuolas, centriolos, ribosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmáti co, nucleolo.	Membrana, núcleo, orgánulos, vacuolas, mitocondria, aparato de Golgi, nucleolo, envoltura nuclear, cromosomas.	AG5,centriol o1,centrómer o1,centrosom a1,cilio1,ctq1 ,ctpl2,ctsl1,cl pt6,crmit1,cr ma4,dictioso ma1,envnucl 4,fgl1,hpl2,h usomit1,liss4 ,mubr11,mm brcel1,mbrpl asm4,microtú b1,mitc8,núcl 10,nuclo3,nu cleoplasma1, org6,paredcel 2,RE5,REL1, rib7,tilacoid e1,vesc1.
Moléculas	Nutrientes, ARN, ADN.	Agua, sales minerales, proteínas, ADN.	Lípidos, proteínas, glúcidos, enzimas, nutrientes, monosacárid os, ATP.	ATP.	Proteínas, lípidos, agua, ácidos grasos, ATP.	Cromatina, proteínas, enzimas, holoproteínas , holoenzimas, apoenzima, cofactor, coenzimas, ARN mensajero, ARN transferente, aminoácido, ADN.	Nutrientes, ATP, lípidos, proteínas, glúcidos.	Nucleótidos, cromátida, proteínas, ADN, genes.	Nutrientes, ADN, proteínas, enzimas.	Nutrientes, H ₂ O, sales, lípidos, proteínas, glúcidos.	Principios inmediatos, ATP, nutrientes, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, agua, sales, cromatina, genes, cromátidas.	Principios inmediatos.	Principios inmediatos, nutrientes, cromatina, glúcidos, lípidos, ADN.	Acgr1,AN1, ADN6,agua3 ,apoenz1,AR N2,ARNm1, ARNt1,ATP 5,coenz1,cof actor1,cromá t2,cromat3,en z3,gen2,glúc 5,holoprot1,lí p6,monosac1 ,nucleótido1n utrient7,PI3, prot9,sm1.
PROCESOS Mts.	Respiración celular.	-	Autótrofo, heterótrofo, fotosíntesis, respiración, catabolismo, glucólisis, ciclo de Calvin, anaeróbicas, aeróbicas, reserva.	Respiración celular, fotosíntesis, anaerobia, aerobia, glucólisis, neoglucogén esis, glucógenogé nesis, fermentación , ciclo de Krebs, cadena respiratoria,	β-oxidación, secreción, síntesis, desecho.	Catálisis, síntesis proteica, traducción.	Reserva, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria.	Síntesis, replicación, transcripción, traducción.	Respiración.	-	Respiración celular, fotosíntesis, aerobia, anaerobia, glucólisis, ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa, fermentación .	Respiración celular.	Catabolismo, anabolismo.	Aerb2,anb1,a utóf1,â- ox1,cadresp2 ,cat2,catálisis 1,cKrebs3,de secho1,ferme t2,ffox1,ftst3, glucogén1,gl ucógenogén1 ,glucólisis4,h eteróf1,resp6, respcel4,secc ec1,síntesis6, sprot1,traduc 2,transcrip1.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
				ciclo de Calvin.										
Otros	-	Ósmosis.	-	-	Procesos vitales.	Transporte.	Transporte.	Poliploidía, haploides, meiosis, aneuploidía, paquiteno, ligamiento, reproducción sexual, reproducción asexual, mitosis, profase, metafase, anafase, telofase.	-	Reproducción.	-	Reproducción, relación, nutrición.	Funciones vitales, mitosis, meiosis.	anaf1,aneuploidía1,leuploidía1,funciones1,FV1,haploides1,meiosis2,metaf1,mitosis2,nut1,ósiosis1,prof1,rel1,rep3,rax1,rsex1,telof1,transporte2.
CONCEPs GRALES:	Célula, vida, eucariota, animal, energía, información.	Célula, reacciones, seres vivos, energía, vida, eucariota, animal, vegetal, procariota.	Reacciones, materia, energía.	Célula, procariota, eucariota, vegetal, animal.	Reacción, energía, célula, seres vivos, vida.	Energía, reacciones, células, información.	Célula.	Herencia, animales, vegetales, variabilidad genética, célula, información.	Célula, información.	Célula, animal, vegetal.	Célula, reacciones, materia, herencia.	Célula, animal, vegetal, eucariotas, procariotas, seres vivos, vida, energía.	Células, vida, ser vivo, energía, reacciones, entropía, complejidad.	Ani6,célula1 2,energía7,entropía1,eucariota4,genética1,herencia2,información4,materia2,procariota3,react5,svv4,vgt5,vida5.
OTROS CONCEPs	-	Polaridad.	-	-	Permeabilidad.	Antígenos, sistema inmunitario, anticuerpos, inmunidad, respuesta inmunitaria, linfocitos, sueros, vacunas.	-	Fenotipo, genotipo, fecundación, cigoto, gametos, sexo, heterocigótico.	-	-	Sistema inmune, linfocitos, anticuerpos.	-	-	Anticuerpo2, antígeno1, fenotipo1, gameto1, genotipo1, inmunidad1, linfocito2, permeabilidad1, respuesta1, sero1, sistinmuni1, suero1, vacuna1, cigoto1.
MODELO	A	A	A	A	B	C	B	B	A	A	B	B	A/B	A/B

A lo largo de la práctica totalidad del curso escolar Pascual opera con una representación mental de la célula que es básicamente estructural, un modelo que maneja, incluso con cierta profusión, elementos organulares y moleculares pero que atiende en muy poca medida y con poca significatividad en términos de la atribución de significados que les asigna a los conceptos funcionales, tanto metabólicos como de otra naturaleza. Cuando acaba su trabajo con el contenido celular, es decir, cuando termina dicho curso, su forma de ver la célula sigue siendo básicamente estructural, un modelo mental de la misma que se ha tipificado como modelo A en el que, en todo caso, usa algunos conceptos comportamentales, pero con los que demuestra y manifiesta una limitada comprensión de la entidad que representa, de su complejidad, de su carácter vivo, limitación correspondiente, como consecuencia, del modelo que genera para la misma. Pero un modelo que, cuanto menos, en algunas ocasiones ha resultado más explicativo y predictivo y que se ha movido más, como herramienta útil para él, en un doble nivel; cabe, pues, la duda razonable sobre su construcción mental al finalizar este periodo de aprendizaje de la célula ya que al analizar sus producciones y verbalizaciones se observan indicios para soportar ambas conclusiones sobre su representación, si bien es cierto que estos datos parecen estar más próximos, como se decía, a ese modelo mental sólo estructural de la célula que estudia. Procede, pues, que nos adentremos en esos registros y datos y los interpretemos para ver si esta inferencia se sostiene, si, en definitiva, nuestro modelo mental como investigadores sobre el suyo rota en los términos y de la manera prevista. En el cuestionario inicial (18-10-96), su forma de representar una célula y de hacer un dibujo de la misma es como sigue:



Lo primero que le viene a la mente es lo que acabamos de ver, una estructura que es claramente pobre en sus elementos integrantes y, como es lógico, con esa representación que sólo da cuenta de algunos ¡y sólo algunos! de ellos, no puede representar gráficamente su funcionamiento porque no tiene en su mente los elementos necesarios para ello, no los ha construido; no sólo es difícil plasmarlo en un diseño, sino que lo es, también, explicarlo, recurriendo ante esta demanda a un proceso que no es celular sino orgánico.



Ante este cuestionario como instrumento de recogida de información, Pascual usa frases librecas que no articula en un discurso sino que plasma de manera simple, como ideas sueltas y deslavazadas que repiten mecánicamente la información que selecciona para dar cuenta de lo que se le pide. Un ejemplo lo tenemos en lo siguiente:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?
- “Le hace falta orgánulos que realicen funciones distintas: por ejemplo, la mitocondria lleva a cabo la respiración celular, etc.
- Deben ser estructuras organizadas.
- Que cada parte realiz(c)e una función específica”.

Este joven piensa en la célula como en una “cosa”, un soporte, una estructura que tiene una serie de partes a las que sí que les atribuye algún papel, alguna función, pero no reconoce ni usa en su representación los procesos que la caracterizan, utilizando sólo y como etiqueta sin explicar “respiración celular” en este sentido. Esas funciones que atribuye parecen más un catálogo que recuerda memorísticamente que la asignación real, el sentido específico de lo que define y caracteriza a la célula como unidad de la vida; su forma de explicar cómo cree que funciona da fe de ello.

“La célula hace que nosotros “funcionemos”. El ADN que contiene la información, envía ésta a la célula y la célula le responde. Para que esto ocurra es necesario que la célula se nutra y respire, dos procesos claves para la obtención de energía. La célula, al estar compuesta por varias partes, cada una de ésta tiene una función específica:

- Mitocondria (orgánulo): realiza la respiración celular. Aquí es donde se lleva a cabo la misma.
- Membrana celular:
 - Mantiene constantes las condiciones físicas y químicas en el interior de la célula.
 - Regula el intercambio de alimentos entre la célula y el exterior”.

En el examen de Origen de la Vida (18-11-96) cuando se le pide que explique lo que entiende por célula, Pascual lo hace en los siguientes términos:

“Célula: según la moderna teoría celular, la célula es la unidad vital, morfológica, fisiológica y genética de todos los seres vivos.

- Unidad vital: la célula es la unidad más pequeña dotada de vida.
- Unidad morfológica: los seres vivos están constituidos por células.
- Unidad genética: las células se reproducen (“evolucionan”).
- Unidad fisiológica: tiene capacidad para mantenerse con vida realizando determinadas funciones.

Se distinguen: la eucariota (animal o vegetal) y la procariota”.

Lo anterior es un dato claro de que lo que hace Pascual con la información es repetirla mecánicamente mostrando con ello un bajo grado de elaboración en el procesamiento de la misma, con lo cual la atribución de significados que está asignando es pobre y limitada. De hecho, resulta curioso observar los conceptos que utiliza a lo largo de todo el ejercicio pues no recurre a ninguno organular, usando también pocos moleculares, ni metabólico y sólo hace referencia a “ósmosis” en el terreno funcional, concepto para el que, paradójicamente, no usa ni siquiera “membrana”. Su limitación conceptual en este momento es evidente. En estos términos, como es lógico, establece pobres deducciones e inferencias ante la resolución de problemas y cuestiones que supongan anticipar e interpretar comportamientos osmóticos porque son procesos que su célula ¡ni tan siquiera estructural! no puede modelar; sin embargo, es capaz de razonar con cierta lógica, por ejemplo, ante la siguiente pregunta:

- Teniendo en cuenta la observación de que muchos organismos vivientes se encuentran sobre todo cerca o en el interior de sustancias orgánicas en descomposición (...) algunos científicos han formulado la hipótesis de que estos organismos se originan espontáneamente a partir de esas sustancias. Para verificar experimentalmente tal hipótesis se puede pensar en tratar de modos diferentes cuatro series de probetas conteniendo caldo de carne turbio por la presencia de microorganismos vivos y luego compararlas, haciendo un total de ocho grupos de observaciones. En la tabla siguiente se muestran los tipos de tratamiento y se indica el aspecto que presenta el caldo en las probetas, después de una hora y de diez días de haber realizado el tratamiento, respectivamente. Las ocho casillas numeradas corresponden a las ocho observaciones. (Bandiera y col., Enseñanza de las Ciencias, 1995).

	1 hora	10 días
Probetas cubiertas con una gasa : calentamiento durante 40 min. a 60°C.	1.- turbio	2.- turbio
Probetas cubiertas con una gasa : calentamiento durante 40 min. a 100°C	3.- claro	4.- turbio
Probetas selladas con cera : calentamiento durante 40 min. a 60°C.	5.- turbio	6.- turbio
Probetas selladas con cera :calentamiento durante 40 min. a 100°C.	7.- claro	8.- claro

- ¿Qué se puede deducir de estos datos ?.
- Plantea al menos dos afirmaciones relativas a estos datos y expresa si están demostradas o no.

“Se deduce que, a mayor temperatura, mayor posibilidad de que salga claro. Para mí, esto sucede porque, en las que recubres con gasa, a los 100 °C ya has eliminado todos los microbios, pero al pasar los días, puede que por la gasa (que no es (h)ermética) entren microbios desde fuera y por eso quede turbio en el nº 4. Pues si lo comparamos con la cera, ésta cerrará (h)erméticamente la salida y no dejará entrar microbios desde el exterior, por eso aparece en los números 7 y 8 **P claro** (se eliminan los microbios por la elevada temperatura y no pueden entrar desde fuera).

En las de 60 °C, los organismos pueden aguantar esta temperatura y por eso que la conclusión sea turbio.

Afirmaciones relativas:

- En el caso de la gasa, hay (posibilidad) de vida, tras haber transcurrido 10 días.

- *En el caso de la cera, no hay posibilidad de vida. Estaría demostrado, siempre y cuando yo esté presente en el experimento, pues alguien puede hacer una tabla de valores sin hacer experimentos (diría mentiras) y la gente se lo creería”.*

El examen de Glúcidos (9-12-96) no supone ninguna diferencia con respecto a su forma de exteriorizar su conocimiento; usa frases librescas que sigue articulando de manera muy pobre y no dando como resultado una redacción fluida. Esa información que comunica la repite mecánicamente y memorísticamente y no manifiesta con ella haber adquirido comprensión con respecto al contenido trabajado e incluido en este ejercicio. Como consecuencia de lo anterior, Pascual muestra problemas y dificultades en el establecimiento de deducciones e inferencias que sean biológicamente consistentes. En esta ocasión, sin embargo, sí que usa conceptos organulares (¡tampoco muchos!) y por primera vez recurre (¡sólo repetitivamente!, como se verá) a conceptos metabólicos. Su capacidad explicativa es limitada y un ejemplo de ello es su forma de responder a cuestiones que requieren razonamiento, como las siguientes:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- a) *Pues, porque con el O₂ se produce una mayor oxidación, se oxida completamente.*
- b) *No, porque en la fase oscura de la fotosíntesis, realizan la respiración por aporte de O₂ y desprendimiento de CO₂ (en su mayoría), al igual que nosotros.*
- c) *No, pues no reconozco que haya ningún catabolismo autótrofo. Bueno, sí, pues reservan la glucosa en almidón que luego lo degradan para obtener glucosa.*
- d) *Sí, lo que requeriría un incremento constante de energía procedente de otras sustancias (lípidos, proteínas).*

Obsérvese que en el último apartado no recurre a nada estructural, no advierte que por el hecho de ser moléculas constituyentes de la materia viva, necesariamente tendrán algún papel en la construcción y constitución de esas estructuras y el ejemplo más claro y evidente es la pared celular de los vegetales. Su poder explicativo, como puede verse en sus breves respuestas, es bastante limitado y no nos permite ver hasta qué punto para este joven tiene lo que escribe cierta significatividad y, de hecho, es bastante ambiguo. Su poder predictivo tampoco es mucho más desarrollado en este momento, si bien hemos de reconocer que cuanto menos establece alguna pobre deducción, como se ve en el dato siguiente:

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.
- a) *“Pues que, en esta fase, las enzimas de la saliva detectan los alimentos (nutrientes) amargos, y por eso la apetencia de azúcares, que les proporcionan un gusto dulce, al degradar el alimento en monosacáridos por dichas enzimas.*
- b) *Hipótesis: supongo que siempre que una mujer esté en la fase de ovulación, su adicción será por cosas dulces, y propongo hacer actividades que lo demuestren:*

Cuando en el examen de Lípidos (26-2-97) se le pide de nuevo que explique qué entiende por célula, su respuesta, como se verá, se parece mucho a la que hiciera ante el ejercicio de origen de la Vida.

“Es la unidad vital, funcional, biológica y estructural de los seres vivos.

- *Vital: es imprescindible para la vida.*
- *Funcional: realiza funciones importantes.*
- *Biológica: forma parte de los seres vivos.*
- *Estructural: forma parte de estructuras complejas.*

Es una estructura organizada compuesta por orgánulos, cada uno de los cuales realiza una función específica. Está compuesta de membrana, núcleo y citoplasma”.

Sus frases, como vemos, siguen siendo librecas y lo que hace con la información es repetirla mecánicamente hasta el extremo de que en algunas cuestiones hay párrafos literales a los explicados y trabajados en las sesiones de clase. No obstante, hemos de admitir que se observa un cambio en esta ocasión o, cuanto menos, que se muestran ciertos indicios de una forma de pensar la célula un tanto más rica y diferente; este alumno usa muchos conceptos organulares en este examen, incluso con profusión, y algunos también moleculares, recurriendo, aunque con escasez, a algunos metabólicos y comportamentales en general. Lo nuevo en esta ocasión es que su discurso es bastante más fluido, más hilvanado, no respondiendo a las frases aisladas y sueltas que usara en ocasiones anteriores; esta forma diferente de comunicar y exteriorizar su conocimiento supone un fondo, un sustrato, una representación mental de la “cosa” de la que habla que es más elaborada y más consistente que en ocasiones anteriores, que lo dota de un mayor poder explicativo que, aún siendo limitado, le permite una mejor comprensión de la entidad que representa y, en esa misma medida, también le permite anticipar mejor, deducir mejor, razonar válidamente en el terreno biológico mejor, como muestra su forma de enfrentarse a la siguiente pregunta en cuya respuesta podemos ver tanto su forma de articular el discurso como el grado de elaboración de dichas deducciones.

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
- ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.

“Sí, los liposomas al contener lípidos pueden atravesar fácilmente la bicapa de lípidos de la membrana plasmática, y como contienen medicamentos (u otras cosas), entrarán y harán su efecto para rejuvenecer la piel.

Además, para mi entender, si usas los liposomas para el rejuvenecimiento, éstos también harán que no se escape agua de la célula (que es la que produce un envejecimiento) y que entre la que éstos contienen, y así la célula se hinchará y no se notarán las arrugas (ésta es una deducción poco fiable).

Con respecto a la ceramida, éstos supongo que contendrán ceras, y al tener las ceras carácter plástico, también impedirán el escape de agua de la célula, y por consiguiente, su envejecimiento”.

Y parece que esta evolución sigue avanzando, que Pascual sigue reestructurando sus elementos, los “tokens” de su modelo si analizamos el examen de Proteínas (14-3-97) como instrumento informativo. Usa frases mucho más personales y elaboradas, las articula en un discurso fluido e hilvanado y organiza para el mismo la información que utiliza autónomamente, mostrando también deducciones e inferencias elaboradas. Usa muchos conceptos organulares y sobre todo moleculares en el terreno estructural y en el ámbito comportamental también recurre a algunos tanto metabólicos como de otra

índole, aunque con una manifiesta descompensación con respecto a los anteriores; tampoco es muy explícito el uso que hace de conceptos generales que resultan necesarios en las explicaciones de esta naturaleza. El análisis en su conjunto de la información anterior daría pie, de todos modos, para pensar que Pascual tenía en su mente cuando se enfrentó a este examen un modelo global de la célula, un modelo causal, una representación que le permitía modelar en su cabeza cómo es realmente una célula, una estructura viva en acción que supone relaciones e interacciones entre distintas partes y procesos o, cuanto menos, muestran algunos indicios de ello y sólo indicios porque llama la atención en este sentido que cuando justifica el papel que le atribuye a los enzimas en la estructura y en el funcionamiento celular, el primero de los aspectos citados ni lo toca.

“Si no existieran las (proteínas) enzimas, no se producirían numerosas reacciones que necesitan un enzima específica, y tampoco se pudieran realizar reacciones a 37 °C, por ejemplo, que sólo son posibles por las enzimas.

Éstas determinan (con la temperatura, pH y concentración de sustrato) la velocidad de reacción”.

En todo caso, hemos de concordar en que su capacidad explicativa y predictiva ha mejorado, se ha visto enriquecida a medida que procesaba la nueva información, el nuevo contenido, y que la hacía interactuar con aquélla de la que ya disponía y eso se evidencia en su forma de razonar en términos biológicos, un razonamiento que no es nada desdeñable y que supone haber adquirido, aunque sea tímidamente, esos pequeños signos de causalidad. Veamos un ejemplo.

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

“Creo que las plantas cultivadas pueden tener otro tipo de sustancias que neutralizan el ataque de este inhibidor, que no le haga efecto. Es decir, (las plantaciones de cultivo) se le pudo haber (h)echado algo, tanto al plantarlas como después de plantadas que haga(n) que neutraliz(c)e (que no le haga daño a la planta). Ésta sería mi única hipótesis después de mucho “pensar”.

Para comprobar esta hipótesis, plantaría dos plantas, y a una le echaría sustancias recomendadas por especialistas y a otra nada. Una vez crecidas, vería si al echarle este inhibidor, causaría algún efecto en las plantas. Si las dos se mueren (cosa probable), es que mi hipótesis es errónea, y si se muere una (y que sea a la que no le eché nada) verificaría mi gran hipótesis. Luego repetiría varias veces el proceso para ver si en todas ocurre lo mismo”.

Cuando Pascual hace su segundo mapa conceptual (2-4-97) parece pensar en un doble nivel, con un esquema dual. La demanda es la misma que en la ocasión anterior pero limitando el número de conceptos a quince. Este joven lleva a cabo una selección conceptual que esta vez es adecuada y consistente pero vuelve a unir esos conceptos bien escogidos con nexos simples que dan poca información sobre el sentido que les atribuye, poco significado biológico a las proposiciones que construye con ellos; otra vez nos encontramos ante un mapa conceptual que no tiene jerarquía ninguna.

Y ese mismo modelo dual es el que parece desprenderse de lo que hace en el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97). Su representación es más rica y eso lo lleva a tener un mayor grado de elaboración en sus frases y un discurso más fluido, lo que le permite manifestar un grado un tanto más elevado también en su poder explicativo; ha ido incorporando elementos conceptuales tanto en la vertiente estructural como en la vertiente funcional, pero sigue recurriendo a repetición mecánica de la información que maneja, lo que se considera un indicio de que no ha desarrollado una comprensión global de la entidad que aborda en su modelo y, como consecuencia de ello, sus deducciones y sus inferencias son pobres y limitadas. Cuando se le pregunta en qué medida la estructura y el funcionamiento celular dependen de los ácidos nucleicos, su brevísima respuesta apoya las afirmaciones anteriores y nos sirve como dato; Pascual pensó en términos muy simples en una célula y en esta ocasión sólo comunica su subesquema comportamental.

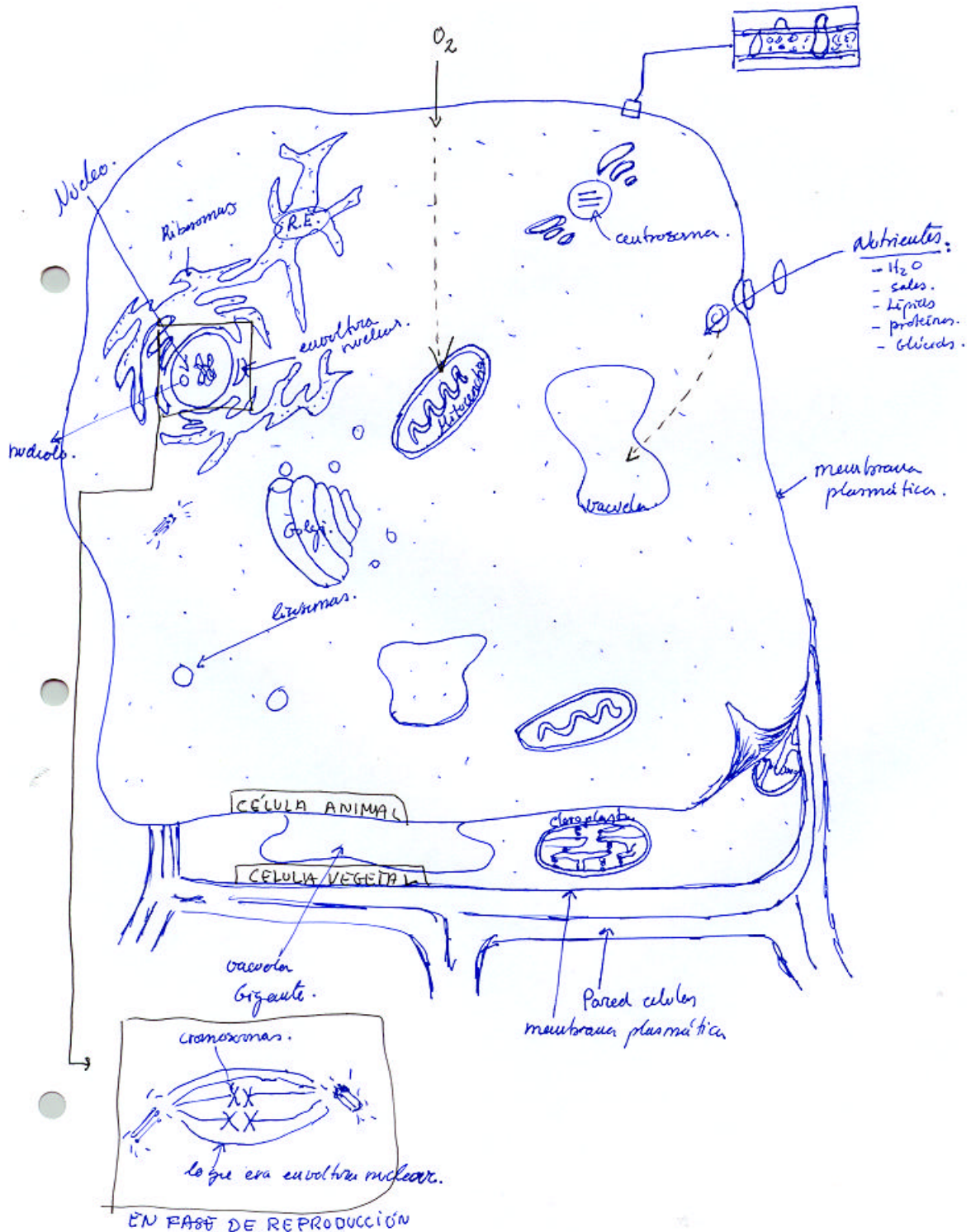
“En la medida (de) que contribuye a llevar y guardar la información (ADN y ARN) pues a partir de ésta la célula funciona en lo que tiene que hacer”.

Cuando la demanda que se le hace es explicar en qué medida un dibujo con distintas viñetas representa o refleja la estructura y el funcionamiento de una célula, este estudiante usa frases repetitivas muy cortas y librescas no elaborando ningún discurso con ellas, no apoyándose en sus explicaciones en ningún momento en el diseño que se le ofrece para su interpretación. Si observamos los conceptos que usa, básicamente son estructurales y sólo echa mano de “respiración” en lo que a actuación o proceso celular se refiere. Parece evidente, pues, que sólo pensó en una estructura, si bien es justo decir que asigna cierto comportamiento a la misma a través de los verbos que utiliza en su relación o catálogo de frases. Formalmente ha construido un modelo mental sólo estructural, si nos atenemos a los criterios de análisis de las producciones, aunque podríamos llegar a admitir que tiene en su mente una cierta idea de funcionamiento-suma de la célula que es característica de un modelo mental B, según el cual se trabaja con los elementos físicos por un lado y, a modo de lista, con lo que hacen por otro. Veamos cómo interpretó Pascual el dibujo en cuestión.

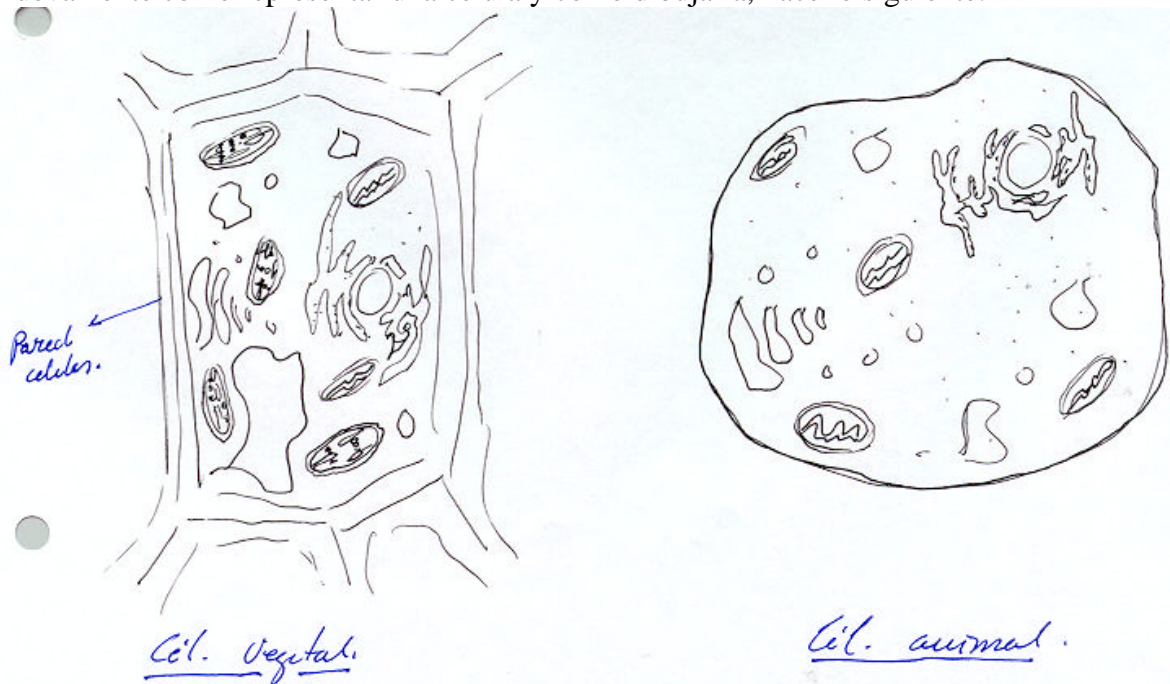
- 1) *“La membrana permite el paso de sustancias entre la célula y el exterior.*
- 2) *Los lisosomas son los encargados de romper algo, y creo que sean los nutrientes.*
- 3) *La vacuola digestiva degenera los nutrientes necesarios para realizar alguna actividad.*
- 4) *Tiene lugar la respiración de la célula. (Nota: se refiere al dibujo de la mitocondria: Ha enumerado todas las viñetas).*
- 5) *Las vacuolas tienen la capacidad de almacenar nutrientes.*
- 6) *Creo que sea para intentar comprender que por el retículo endoplasmático liso se transporte los nutrientes hasta la vacuola (NO LO SÉ).*
- 7) *Se transcribe y traduce la información que envía el ADN. (que contiene) Se sintetizan proteínas necesarias para diversas estructuras y para un trabajo específico (Ej: ... enzimas).*
- 8) *En el núcleo es donde está la información necesaria para el funcionamiento de la célula”.*

Ante la demanda de hacer un dibujo que represente la estructura y el funcionamiento celular (16-5-97) este alumno nos presenta un producto que aporta algunos elementos de interés. Se trata de un dibujo elaborado que no es simplemente lo que se ve en los libros de texto en la medida en que incorpora, por ejemplo, una ampliación de la membrana plasmática, el núcleo en interfase y un recuadro del mismo en división o, también, representa tanto células animales como vegetales. Pero imprime poco, muy poco dinamismo a esa cosa llamada célula que se caracteriza precisamente

por tenerlo porque eso es lo que la dota de vida, ese conjunto de procesos y de interacciones que Pascual ni tan siquiera nombra; sólo lleva a cabo identificación estructural en su diseño que, además, es bastante simple, exceptuando los detalles comentados, y, sobre todo, estático, en el que sólo aparece alguna que otra flecha que no da información de lo que realmente ocurre con las sustancias a las que se unen. ¿Están esos procesos, esos caminos y esas relaciones en la cabeza de Pascual cuando hace esto? ¿Tiene su modelo esos elementos o sólo atiende a la estructura? Cabe la duda, como ante el símil, aunque los datos que nos aporta más apuntan a un modelo mental sólo estructural en este momento.



comparaciones y observar si ha habido o no diferencias. Cuando se le pregunta nuevamente cómo representar una célula y cómo dibujarla, hace lo siguiente:



Como se puede ver, no identifica formalmente pero sí que incorpora más elementos organulares que quedan mejor delimitados ultraestructuralmente y, también, que incorpora adecuadamente la diversidad celular. Pero “su” célula es eso y no es más que eso a juzgar por su forma de reflejar con tres frases cómo funciona una célula, dejando incluso una de ellas en blanco, o su respuesta a la demanda de dibujar este comportamiento gráficamente.

- “La célula capta el O_2 y lo lleva a un lugar donde se obtiene energía.
- La célula se reproduce con cambios en su núcleo.
- ”.

“Es algo muy complejo, NO SABRÍA DIBUJARLA”.

El modelo mental que construye Pascual para dar cuenta de lo que se le pide no lo ha dotado de comprensión biológica, no es explicativo, le es útil como intermediario para responder pero lo que exterioriza manifiesta una construcción, una representación claramente insuficiente en términos biológicos que hace evidente esa ausencia de comprensión biológica en la medida en que explicita serios errores en dicho comportamiento; un ejemplo lo tenemos en su forma de explicar cómo cree que es ese funcionamiento.

“La célula capta alimentos que son aprovechado(s) para obtener energía. Esta energía se obtiene mediante la respiración celular (mitocondria) o la fotosíntesis (cloroplasto). Esta energía es necesaria para el correcto funcionamiento de la célula, para su crecimiento, “reproducción”,

La célula puede almacenar alimentos que los utilizará cuando a ésta le haga falta”.

Parece, pues, ante este cuestionario en su conjunto, en el que usa otra vez frases cortas y librecas, como hemos tenido ocasión de comprobar, sin articulación alguna en forma de discurso o muy pobre y en donde repite memorísticamente la información que maneja, que Pascual sólo haya pensado en la simple y pobre estructura celular con la que empezó el curso a la que le ha añadido, todo lo más, algunos elementos

estructurales pero a la que sigue atribuyendo poco, aunque alguno más, comportamiento o forma de actuar característica; es como si pensara otra vez en dos células distintas: una que es, o sea, el sustrato físico, y otra que funciona, o sea, reacciones, acciones, procesos pero que no apoya en las moléculas y orgánulos que hacen eso posible. ¿Qué datos nos aporta la entrevista que se le hace al finalizar el curso (11-6-97)? Cuando se le pide que describa la imagen que le sugiere la palabra célula, dice:

ML : ni idea, no te surge ninguna imagen, no te surge ninguna percepción. ¿Célula ?

Pascual : *una cosa minúscula.*

ML : una cosa minúscula, descríbemela, por favor. ... mmme señalas, pero eso es de Jaiza ; a ver, descríbeme lo que estás viendo en tu mente.

Pascual : *¡ahjhj ! una cosa redondeada que tiene un montón de partes ... un núcleo, todos los componentes esos deee, lo normal.*

ML : lo normal.

Pascual : *lo de siempre.*

ML : es que yo no sé lo normal, lo de siempre lo que es.

Pascual : *lo que nos haces siempre, ML.*

ML : lo que les hago siempre ... maravillas.

Pascual : *claro, sí.*

ML : a ver, esa imagen que me estás describiendo es estática, es como una foto o es dinámica ?

Pascual : *estática.*

ML : estática, es una imagen estática. Pierdes la mirada, procuras no mirarme, pero cuando digo algo de esto, pierdes la mirada ¿qué estás viendo ... exactamente?

Pascual : *un dibujo*

ML : un dibujo.

Pascual : *de célula.*

Al enseñarle una foto de microscopía electrónica, titubea ante ella y comienza diciendo que no se parece a la suya, pero al poco tiempo le encuentra semejanzas; su mente construyó una cosa más sencilla, menos compleja y sola, aislada, con menos cantidad de cosas en su interior, pero con todos sus elementos y eso es lo que le permite reconocer una foto cuando la ve, como confiesa en varios momentos de la conversación, siendo un ejemplo de ello el extracto siguiente:

ML : ¿qué más diferencias hay entre tu imagen de célula y esta imagen de célula ?

Pascual : *... la complejidad.*

ML : la complejidad, explícame un poco eso.

Pascual : *¡buohj ! ... yoooo cuandooo ... ¡tch ! cuando pienso en la célula nooo, no veo tantos rollos ahí como se ven ahí.*

ML : cuando piensas en la célula, [...] cuando piensas en la célula no ves tantos rollos.

Pascual : *claro. Ahí se ven un montón deee ... cosas.*

ML : ¿quieres decir que esta imagen de célula, esta foto de célula es más compacta que tu propia imagen ?

Pascual : *sí.*

ML : ¿sí ? ... Tú le pones menos cosas a la célula.

Pascual : *... menos pero, será menos cantidad pero más o menos lo que tiene.*

Pascual muestra dificultades para el funcionamiento de una célula y en esta entrevista se hacen evidentes; gráficamente no lo puede plasmar, es decir, no opera para ello con imágenes y declara que recurre a un funcionamiento-suma, o sea, a la suma de lo que hace cada uno de los orgánulos constituyentes de la misma pero parece moverse en este aspecto en el terreno de las proposiciones aisladas que no se incardinan en un modelo mental explicativo a la luz del cual puedan adquirir sentido, puedan tener o pueda él atribuirles significado biológico. El siguiente fragmento podría considerarse un ejemplo de lo que se acaba de comentar:

ML : bien. ¡Eeehhh ! tu imagen era estática y ésta es estática. ¡Aaahhh ! ¿tienes un modelo sobre el funcionamiento ?

Pascual : no.

ML : no [...].

Pascual : en, en eso tampoco te lo puse, en la, en las dos. [...]

ML : ahora, ahora vemos tu material. Tú no tienes un modelo sobre el funcionamiento de la célula.

Pascual : no.

ML : no ; no me refiero a un modelo gráfico, no tiene por qué ser gráfico, modelo gráfico del funcionamiento de la célula no tienes.

Pascual : no lo tengo.

ML : ¿y modelo teórico del funcionamiento de la célula ?

Pascual : teórico ¿a qué te refieres ? aaa

ML : ¿puedes decir algo sobre el funcionamiento de la célula ?

Pascual : ... sí.

ML : sí. ¿Por qué puedes decir algo sobre el funcionamiento de la célula ?

Pascual : *poor el catabolismo de loos ... de los glúcidos, los lípidos y todo eso, lo de ma ¡tch ! funcionar la mitocondria y eso de todos los orgánulos.*

ML : o sea que podrías decirme qué es lo que hace cada orgánulo.

Pascual : sí.

ML : sí.

Pascual : algo, más o menos.

ML : más o menos. Pero no puedes plasmármelo en un dibujo.

Pascual : ... no.

ML : no. Pero me puedes decir qué hace cada orgánulo más o menos.

Pascual : más o menos.

ML : ¿y por qué me puedes decir qué hace cada orgánulo más o menos. ?

Pascual : *porque me lo estudié, ML. ¡mjmmj !*

ML : porque te lo has estudiado.

Pascual : *me lo he mirado.*

ML : te lo has mirado. ¿Eso significa que tienes también algún modelo sobre cómo funciona cadaaa orgánulo ?

Pascual : un modelo no.

ML : ¿qué tienes, entonces ?

Pascual : *... bueno ... cuando lo estudio veo más o menos cómooo funcionan, me hago laaa ... ¡tch ! una impresión de cómo funcionan, ... una idea.*

ML : te haces una impresión de cómo funcionan.

Pascual : sí.

ML : te haces una idea de cómo funciona. ... ¡ya ! ¿Pero son ideas sueltas ?

Pascual : ... sí, en parte sí.

Y ante estas dificultades, este estudiante echa mano de analogías que le faciliten la tarea, que le permitan aprehender aunque sea sólo parcialmente el significado del mundo real –célula- al que se enfrenta, le favorezcan el camino, pero en esta ocasión es una analogía que tampoco es autónoma sino que es producto de repetición de lo que se ha hecho y discutido en las sesiones de clase.

ML : ¿tú podrías estar hablando un rato sobre el funcionamiento de la célula ? un rato.

Pascual : ... difícil.

ML : difícil. ¿Apoyarías tus explicaciones con imágenes ?

Pascual : sí.

ML : sí.

Pascual : *que facilitan.*

ML : porque te facilitan ; ¿qué imágenes utilizarías para apoyar tus explicaciones sobre el funcionamiento ?

Pascual : *¿sobre el funcionamiento ? ... Por ejemplo, el dibujo aquél que nos hiciste tú ... que era ... la célula cooonn eso, eso se me quedó ya.*

ML : eso se te quedó ya ; no sé a lo que te refieres, Pascual.

Pascual : *el que ponía por ejemplo, la membrana ponía un camión con transporte y eso.*

El solo hecho de plantear dicha analogía, al ser en términos dinámicos, supone un trabajo mental que actúa en un doble nivel estructural/funcional, ya que tiene que escoger elementos estructurales similares a los celulares que actúen y procesen de manera también similar; esto nos lleva a pensar que podría estar generando un modelo mental dual, aunque con la limitación y pobreza ya vistas, si bien el conjunto de la entrevista, su forma de verbalizar su conocimiento esté más próxima a un modelo mental sólo estructural, usando, como ya se expresó, sólo algo funcional en el terreno estrictamente proposicional. De lo anterior se deduce que ante este producto existe una razonable duda, justificada por los fragmentos seleccionados, sobre la representación que Pascual pensó en su mente ante esta demanda.

Se comenzaba la interpretación de las producciones y verbalizaciones de Pascual haciendo un breve resumen de su evolución a lo largo del curso y comentando que durante su mayor parte su modelo había sido un modelo sólo estructural o modelo mental A con el que, además, se consideraba que lo había terminado. Pero este último modelo no es el mismo que aquel con el que empezó a trabajar la célula, no tiene los mismos elementos, no contempla las mismas cosas, no atiende a los mismos aspectos, sino que es bastante más rico y, de hecho, como ha quedado de manifiesto, es mucho más amplio en términos conceptuales, por una parte, ya que ha habido incorporación de conceptos, más significativa en unos casos que en otros, y, por otra, en términos explicativos y predictivos, pues en varias ocasiones incluso le ha permitido operar en un doble nivel, ejecutando, aunque fuera parcialmente, bien su submodelo estructural, bien su submodelo funcional. De hecho, es admisible la duda, como ya se ha expresado, por ejemplo, ante las inferencias hechas del símil, del dibujo o de la propia entrevista, aunque parece inclinarse la balanza, atendiendo al conjunto de los datos que Pascual nos aporta, hacia ese modelo mental A o sólo estructural que hemos inferido como intermediario de su modo de pensar y de enfrentarse a la célula como mundo real.

ANEXO N° 32:

CONSTANZA

NOMBRE: Constanza

CURSO: COU B

FECHA: 22-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Células, núcleo, citoplasma, membrana celular, pared celular, vida, ser vivo, nutrientes, orgánulos, energía, glúcidos, lípidos, agua, reproducción, ADN, cromosoma, mitocondria, retículo endoplasmático, ribosomas, respiración celular, ATP, reacción, O ₂ , CO ₂ .	Célula, organismo, vida, ser vivo, nutrición, relación, reproducción, funciones vitales, energía, materia, ATP, O ₂ , CO ₂ , membrana, endocitosis, exocitosis, núcleo, hialoplasma, orgánulos, ribosomas, proteínas, digestión, lisosomas, glúcidos, ácidos nucleicos, lípidos, agua, sales minerales.	Células, vida, funciones vitales, entropía, ser vivo, catabolismo, anabolismo, energía, principio inmediato, materia, grasa, ARN, cromatina, cromosomas, núcleo, eucariota, animal, orgánulos, meiosis, mitocondria, nucleolo, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, nutrientes, reproducción.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal (frases cortas pero no de libro)	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas y cortas)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre (frases cortas y sueltas; no hay discurso)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica (¡de clase! Forma de trabajarla)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: pág. 8 A)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (3º) (incluye y dibuja algunos elementos pero muy pobre) no uso (1º y 2º) (en el 1º: explica pero no hace dibujo; y en el 2º: no sabría dibujar cómo funciona la célula)	Uso (en octubre no usó los dibujos en dos cuestiones)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: cadena carbonada. • Proteína: bocadillo. • Lípido: michelines. • Ácido nucleico: ARN, cromatina, cromosomas. • Entropía: cuarto desordenado. • Célula: imagen de libro. • Catabolismo: romper un vaso. • Anabolismo: estar construyendo una casa. • Ser vivo: yo. • Nutrición: comida. • Relación: hablar con alguien.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Elaboradas (Ej: preg. 3 C y 4)	Elaboradas (usa dibujo y texto para interpretar)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> • "Se trata en general de un funcionamiento bastante ordenado, es decir, hay como rutas dentro de las células que son seguidas por las sustancias que se degradan ...". Extrabiol./autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> • funcionamiento de una célula: fábrica. Extrabiol./repetición de clase.

NOMBRE: Constanza

CURSO: COU B

FECHA: 22-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, pared celular, citoplasma, núcleo, reacciones metabólicas, hialoplasma, citoesqueleto, membrana nuclear, nucleolo, jugo nuclear, orgánulos celulares, mitocondria, cloroplastos, vacuolas, aparato de Golgi, crestas mitocondriales, matriz mitocondrial, tilacoides, estroma, almacén de sustancias, polisacáridos, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, pigmentos fotosensibles, fotosíntesis, fase fotoquímica, fase biosintética.	Lípidos, proteínas, glúcidos, célula, metabolismo, anabolismo, catabolismo, ATP, energía, ribosomas, mitocondria, hialoplasma, cloroplastos. 13 conceptos.	ATP, célula, reproducción, asexual, sexual, mitosis, variabilidad genética, gametos, meiosis, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, glucólisis, lipólisis, ADN, ARN, ácido pirúvico, ácidos grasos, hialoplasma, ribosomas, núcleo, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, sustancias glucosiladas, membrana plasmática, fermentación, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, fotosíntesis, materia inorgánica.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: orgánulos celulares, reacciones metabólicas y todos no son claves)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente (Excepto: sustancias glucosiladas, asexual y sexual -adjetivos - y materia inorgánica)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil (conceptos más explicativos por debajo de otros que lo son menos)	Coherente	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Constanza

CURSO: COU B

FECHA: 24-2-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Lisosoma, enzimas, vacuola, mitocondria, energía, núcleo, célula, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, proteínas, transporte, aparato de Golgi, membrana plasmática, almacén.	Vida, funciones vitales, seres vivos, organización, célula, transporte, nutrientes, agua, plasmólisis, turgencia, sales minerales, reacciones, procariotas, eucariotas, envoltura nuclear, información genética, citoplasma, membrana, orgánulos, meiosis, mitosis, núcleo, animales, vegetales, reproducción, ósmosis, organismo, envoltura nuclear.	Reacciones, degradación, catabolismo, síntesis, anabolismo, célula, cloroplastos, energía, fotosíntesis, respiración, autótrofo, heterótrofo, glúcidos, glucólisis, hialoplasma, enzimas, citoesqueleto, transporte, citoplasma, animales, vegetales, orgánulos, fosforilación, principios inmediatos, funciones vitales, neoglucogénesis, monosacáridos, vesícula, aerobio, anaerobio, ATP, agua.	Célula, nutrición, relación, reproducción, citoplasma, núcleo, lípidos, ciclo de Krebs, hialoplasma, mitocondria, ATP, membrana mitocondrial, matriz, β -oxidación, orgánulo, retículo endoplasmático, dictiosomas, aparato de Golgi, lisosomas, glucosidación, proteínas, secreción, peroxisomas, permeabilidad, membrana plasmática, tonoplasto, ribosomas, excitosis, vesículas, ácidos grasos, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, solubilidad, transporte.	Proteínas, membranas, transporte, cilios, flagelos, regulación, reacciones, enzimas, holoproteínas, holoenzimas, apoenzima, cofactor, energía, célula, traducción, nucleótidos, ARN mensajero, ribosomas, ARN transferente, activación, aminoácidos, anticodón, síntesis proteica, inmunidad, sistema inmunitario, antígenos, citoplasma, linfocitos, respuesta celular, respuesta humoral, anticuerpos, vacuna, catabolismo, mitocondria, organismo.	Información, sobrecruzamiento, recombinación, seres vivos, mutación, genes, cromosomas, profase, cromátidas, reproducción sexual, gametos, reproducción asexual, célula, diploide, haploide, heterocigótico, homocigótico, haplodiploidía, sexo, vida, ADN, nucleótidos, núcleo, ciclo vital, animales, vegetales, vacuoma, ARN mensajero, proteínas, diplosoma, centriolos, mitosis, meiosis, periodo interfásico, envoltura nuclear, nucleolo, huso acromático, metafase, anafase, telofase, retículo endoplasmático, procariontes, eucariontes, transmisión, síntesis de proteínas, mitocondrias, cloroplastos, vida, genotipos, paquitenio, información genética, leptoteno, cigoteno, diploteno, diacinesis.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: tonoplasto)	Organización autónoma (Ej: 2º punto de la preg. 7)	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso (esquema de fase fotoquímica)	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas (Ej: preg. 5)	Elaboradas	Elaboradas (Ej: preg. 5)	Elaboradas (¿? Ej: preg. 6)	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Constanza

CURSO: COU B

FECHA: 24-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> No hace 1º dibujo. No hace 2º dibujo. <p>Mitocondria, ADN, ARN, cromosoma, retículo endoplasmático, ribosomas, aparato de Golgi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> No nombra nada en el 1º dibujo. No nombra nada en el 3º dibujo. <p>O₂, ATP, energía, CO₂, membrana, endocitosis, exocitosis, núcleo, hialoplasma, orgánulos, ribosomas, proteínas, digestión, lisosomas.</p>	O ₂ , nutrientes, CO ₂ , lisosomas, hialoplasma, vacuola, ATP, retículo endoplasmático, ribosomas, aparato de Golgi, nucleolo, cromatina, ADN, almacén, reproducción, cromosomas, ARN mensajero, ARN transferente, mitocondria, desecho.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro (¡y si acaso! -muy pobre)	Elaboración personal	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (muy limitada)	Identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales (flechas) (en un dibujo) (sólo orgánulos sin identificación en dos dibujos)	Identificación y comentarios de funciones con palabras y notaciones no verbales (flechas)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simple-estático	Complejo-dinámico (uno) Simples-estáticos (dos)	Complejo-dinámico

NOMBRE: Constanza

CURSO: COU B

FECHA: 24-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Células, núcleo, citoplasma, membrana celular, pared celular, vida, ser vivo, nutrientes, orgánulos, energía, glúcidos, lípidos, agua, reproducción, ADN, cromosoma, mitocondria, retículo endoplasmático, ribosomas, respiración celular, ATP, reacción, O ₂ , CO ₂ .
Origen de la vida 18/11/96	Vida, funciones vitales, seres vivos, organización, célula, transporte, nutrientes, agua, plasmólisis, turgencia, sales minerales, reacciones, procariontes, eucariontes, envoltura nuclear, información genética, citoplasma, membrana, orgánulos, meiosis, mitosis, núcleo, animales, vegetales, reproducción, ósmosis, organismo, envoltura nuclear.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones, degradación, catabolismo, síntesis, anabolismo, célula, cloroplastos, energía, fotosíntesis, respiración, autótrofo, heterótrofo, glúcidos, glucólisis, hialoplasma, enzimas, citoesqueleto, transporte, citoplasma, animales, vegetales, orgánulos, fosforilación, principios inmediatos, funciones vitales, neoglucogénesis, monosacáridos, vesícula, aerobio, anaerobio, ATP, agua.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Célula, pared celular, citoplasma, núcleo, reacciones metabólicas, hialoplasma, citoesqueleto, membrana nuclear, nucleolo, jugo nuclear, orgánulos celulares, mitocondria, cloroplastos, vacuolas, aparato de Golgi, crestas mitocondriales, matriz mitocondrial, tilacoides, estroma, almacén de sustancias, polisacáridos, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, pigmentos fotosensibles, fotosíntesis, fase fotoquímica, fase biosintética.
ex. LÍP. 26/2/97	Célula, nutrición, relación, reproducción, citoplasma, núcleo, lípidos, ciclo de Krebs, hialoplasma, mitocondria, ATP, membrana mitocondrial, matriz, β-oxidación, orgánulo, retículo endoplasmático, dictiosomas, aparato de Golgi, lisosomas, glucosidación, proteínas, secreción, peroxisomas, permeabilidad, membrana plasmática, tonoplasto, ribosomas, exocitosis, vesículas, ácidos grasos, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa, solubilidad, transporte.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, membranas, transporte, cilios, flagelos, regulación, reacciones, enzimas, holoproteínas, holoenzimas, apoenzima, cofactor, energía, célula, traducción, nucleótidos, ARN mensajero, ribosomas, ARN transferente, activación, aminoácidos, anticodón, síntesis proteica, inmunidad, sistema inmunitario, antígenos, citoplasma, linfocitos, respuesta celular, respuesta humoral, anticuerpos, vacuna, catabolismo, mitocondria, organismo.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Lípidos, proteínas, glúcidos, célula, metabolismo, anabolismo, catabolismo, ATP, energía, ribosomas, mitocondria, hialoplasma, cloroplastos.
ex. AN. 12/5/97	Información, sobrecruzamiento, recombinación, seres vivos, mutación, genes, cromosomas, profase, cromátidas, reproducción sexual, gametos, reproducción asexual, célula, diploide, haploide, heterocigótico, homocigótico, haplodiploidía, sexo, vida, ADN, nucleótidos, núcleo, ciclo vital, animales, vegetales, vacuola, ARN mensajero, proteínas, diplosoma, centriolos, mitosis, meiosis, periodo interfásico, envoltura nuclear, nucleolo, huso acromático, metafase, anafase, telofase, retículo endoplasmático, procariontes, eucariontes, transmisión, síntesis de proteínas, mitocondrias, cloroplastos, vida, genotipos, paquitenio, información genética, leptoteno, cigoteno, diploteno, diacinesis.
Símil de la fábrica 12/5/97	Lisosoma, enzimas, vacuola, mitocondria, energía, núcleo, célula, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, proteínas, transporte, aparato de Golgi, membrana plasmática, almacén.
Dibujo estruc/función 16/5/97	O ₂ , nutrientes, CO ₂ , lisosomas, hialoplasma, vacuola, ATP, retículo endoplasmático, ribosomas, aparato de Golgi, nucleolo, cromatina, ADN, almacén, reproducción, cromosomas, ARN mensajero, ARN transferente, mitocondria, desecho.
Mapa conceptual 3 19/5/97	ATP, célula, reproducción, asexual, sexual, mitosis, variabilidad genética, gametos, meiosis, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, glucólisis, lipólisis, ADN, ARN, ácido pirúvico, ácidos grasos, hialoplasma, ribosomas, núcleo, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, sustancias glucosiladas, membrana plasmática, fermentación, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, fotosíntesis, materia inorgánica.
Cuestionario final 28/5/97	Célula, organismo, vida, ser vivo, nutrición, relación, reproducción, funciones vitales, energía, materia, ATP, O ₂ , CO ₂ , membrana, endocitosis, exocitosis, núcleo, hialoplasma, orgánulos, ribosomas, proteínas, digestión, lisosomas, glúcidos, ácidos nucleicos, lípidos, agua, sales minerales.
Entrevista. 13/6/97	Células, vida, funciones vitales, entropía, ser vivo, catabolismo, anabolismo, energía, principio inmediato, materia, grasa, ARN, cromatina, cromosomas, núcleo, eucariota, animal, orgánulos, meiosis, mitocondria, nucleolo, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, nutrientes, reproducción.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, citoplasma, membrana celular, pared celular, orgánulos, cromosoma, mitocondria, retículo endoplasmático, ribosomas.	Envoltura nuclear, citoplasma, membrana, orgánulos, núcleo.	Cloroplastos, hialoplasma, citoesqueleto, citoplasma, orgánulos, vesícula.	Pared celular, citoplasma, núcleo, hialoplasma, mitocondria, citoesqueleto, membrana nuclear, nucleolo, jugo nuclear, orgánulos, mitocondria, cloroplastos, vacuolas, aparato de Golgi, crestas mitocondriales, matriz mitocondrial, tilacoides, estroma.	Citoplasma, núcleo, hialoplasma, mitocondria, membrana mitocondrial, matriz, orgánulo, retículo endoplasmático, disctiosomas, aparato de Golgi, lisosomas, peroxisomas, membrana plasmática, tonoplasto, ribosomas, vesículas.	Membranas, cilios, flagelos, ribosomas, citoplasma, mitocondria.	Ribosomas, mitocondria, hialoplasma, cloroplastos.	Cromosomas, núcleo, vacuola, diplosoma, centriolos, envoltura nuclear, nucleolo, huso acromático, retículo endoplasmático, mitocondrias, cloroplastos.	Lisosoma, vacuola, mitocondria, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, aparato de Golgi, membrana plasmática.	Lisosomas, hialoplasma, vacuola, núcleo, retículo endoplasmático, ribosomas, aparato de Golgi, nucleolo, cromosomas, mitocondria.	Hialoplasma, ribosomas, núcleo, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, membrana plasmática.	Membrana, núcleo, hialoplasma, orgánulos, ribosomas, lisosomas.	Cromosomas, núcleo, orgánulos, mitocondria, nucleolo, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso.	AG 5, ctr 1, cilio 1, ctq 2, citp 6, clpt 5, cr mit 1, crma 4, env nc 2, flg 1, hlpl 7, huso ac 1, liss 4, m mit 1, memb 8, m cel 1, m mit 1, m nuc 1, m plasm 3, mitc 10, núcleo 9, nucl 4, org 7, p cel 2, peroxisoma 1 RE 7, RER 2, rib 9, tilacoides 1, vesc 2.
Moléculas	Nutrientes, glúcidos, lípidos, agua, ADN, ATP, O ₂ , CO ₂ .	Nutrientes, agua, sales minerales.	Glúcidos, enzimas, principios inmediatos, monosacáridos, ATP, agua.	-	Lípidos, ATP, proteínas, ácidos grasos.	Proteínas, enzimas, holoproteínas, holoenzimas, apoenzima, cofactor, nucleótidos, ARN mensajero, ARN transferente, aminoácidos, anticodón.	Lípidos, proteínas, glúcidos.	Genes, cromátidas, ADN, nucleótidos, ARN mensajero, proteínas.	Enzimas, proteínas.	O ₂ , nutrientes, CO ₂ , ATP, cromatina, ADN, ARN mensajero, ARN transferente.	ATP, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN, ARN, ácidos grasos.	ATP, O ₂ , CO ₂ , proteínas, glúcidos, ácidos nucleicos, lípidos, agua, sales minerales.	Principios inmediatos, grasa, ARN, cromatina, nutrientes.	Ag 2, AN2, ADN4, aga4, aa1, apoenz1, ARN5, ARNM3, ARNT2, ATP6, cof1, cromat1, cromat2, enz3, gen1, glc5, grasa1, holopt1, líp5,monos1, nclt2, nutr4,PI2, prot7, sm2.
PROCESOS Mts.	Respiración celular.	-	Degradación, catabolismo, síntesis, anabolismo, fotosíntesis, respiración, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, fosforilación, neoglucogénesis, aerobio, anaerobio.	Reacciones metabólicas, almacén, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, fotosíntesis.	Ciclo de Krebs, β-oxidación, glucosidación, secreción, cadena respiratoria, fosforilación oxidativa.	Traducción, activación, síntesis proteica, catabolismo.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo.	Transcripción, síntesis de proteínas.	Almacén.	Almacén, desecho.	Glucólisis, lipólisis, fermentación, cadena respiratoria, ciclo de Krebs, fotosíntesis.	Digestión.	Catabolismo, anabolismo.	Anb3, anaerb1, auf1, aox1, cresp3, cat4, c Krebs3, desec ho1, digt1, fer m1, ffox1, fost 3, glucog1, glu cólisi2, gluco sidación1, heterof1, mtb1, re acmtb1, resp2 respcl1, secr1s it5, sprot2trad 1, transc1.

Otros	Cuest. 1 Reproducción.	ex. OV. Funciones vitales, transporte, plasmólisis, turgencia, meiosis, reproducción, ósmosis.	Ex. Glúc. Transporte, funciones vitales.	Mapa 1 -	ex. Líp. Nutrición, relación, reproducción, excitosis, transporte.	Ex. Prot. Transporte.	Mapa 2 -	ex. AN. Sobrecruzamiento, recombinación, profase, reproducción sexual, reproducción asexual, diploide, haploide, ciclo vital, mitosis, meiosis, metafase, anafase, telofase, paquiteno, leptoteno, cigoteno, diploteno, diacinesis.	Símil. Transporte.	Dibujo. Reproducción.	Mapa 3. Reproducción, mitosis, meiosis.	Cuest. 2 Nutrición, relación, reproducción, funciones vitales, excitosis.	entrevista. Funciones vitales, meiosis, reproducción.	Conclusiones Anf1,dip11,diploteno1,excit2FV4,meiosis4mtf1,mitosis3,nut2,6smosis1,plasmolisis1,prf1,rel2,rep8,rax1,rsex1,sobrecz1,tfl1,transporte5,
CONCEPTOS GRALES:	Células, vida, ser vivo, energía, reacción.	Vida, seres vivos, organización, célula, reacciones, procariontes, eucariotas, información genética, animales, vegetales, organismo.	Reacciones, célula, energía, animales, vegetales.	Célula.	Célula.	Regulación, reacciones, energía, célula, organismo.	Célula, energía, información genética.	Información, seres vivos, célula, vida, animales, vegetales, procariontes, eucariotes, vida.	Energía, célula.	-	Célula, variabilidad genética, materia.	Célula, organismo, vida, ser vivo, energía, materia.	Células, vida, entropía, ser vivo, energía, materia, eucariota, animal.	Ani4,célula12,energía7,entropía1,eucariota2,información3,ingené2,materia3,organización1,proct1,react3,svv5,vgt3,vida5.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	Permeabilidad, solubilidad.	Inmunidad, sistema inmunitario, antígenos, linfocitos, respuesta celular, respuesta humoral, anticuerpos, vacuna.	-	Gametos, heterocigótico, homocigótico, haplodiploidía, sexo, periodo interfásico, genotipos.	-	-	-	-	-	Anticuerpo, antígeno, genotipo, inmunidad, linfocito, permeabilidad, respuesta celular, respuesta humoral, sexo, sustancia.
MODELO	A	C	C	B	C	C	C	C	B/C	D	C	D	C	C

Constanza comienza el curso con una idea de célula que atiende básicamente a su estructura, un sustrato físico para el que maneja abundantes elementos organulares y también algunos moleculares pero que sólo tiene como características dinámicas “respiración celular” y “reproducción” sin abordar el significado de dichos procesos; esta joven pensó esa célula precisamente como una estructura a la que tímidamente le atribuye alguna misión, algún funcionamiento pero sin especificarlo o, al menos, eso es lo que se desprende de su forma de dar cuenta de la demanda de representarla, no siendo capaz de hacer un dibujo de la misma aunque se le pida explícitamente.

“Como una estructura redondeada con una serie de partes diferenciadas en cada una de las cuales se lleva a cabo una misión diferente que formaría parte del funcionamiento general de la célula. Se distinguirían en ella un núcleo, un citoplasma, separado en ocasiones del núcleo por una membrana celular, y una membrana que constituiría la pared celular. En cada parte se colocarían las moléculas correspondientes, causantes del funcionamiento de la célula”.

Una célula la que tiene Constanza en su mente que en términos teóricos, formales, considera unidad de vida pero a la que no le atribuye nada que dé signos de ello ya que opera sólo en el terreno estructural en este momento, no manejando los elementos conceptuales que le permitan explicar la esencia de por qué tiene ese carácter vivo; si se le demanda que dibuje esa forma peculiar de actuar, esta alumna responde:

“No sabría dibujar cómo funciona la célula”.

Intuitivamente sabe que debe haber algo que justifique ese comportamiento vivo, pero no tiene la capacidad explicativa necesaria y suficiente para abordarlo, quedándose sólo en la superficialidad de que existen transformaciones, reacciones que ocurren en determinadas estructuras organulares de las que conoce; con una representación tan limitada en términos explicativos es comprensible que Constanza crea que el funcionamiento celular es tan simple como lo que sigue:

“Los nutrientes obtenidos a partir del alimento van a parar a la célula a través de los vasos sanguíneos. En su interior tienen lugar una serie de transformaciones en el citoplasma. Algunas sustancias obtenidas en esas transformaciones pasan al interior de la mitocondria donde se produce la respiración celular, obteniéndose energía en forma de moléculas de ATP con la presencia de O₂ en esa reacción, y CO₂, que es llevado a los pulmones para ser expulsado”.

Pero ese modelo se enriquece rápidamente, gana mucho poder explicativo y predictivo; Constanza adquiere con prontitud una concepción de la entidad celular mucho más acorde con su realidad biológica, lo que se manifiesta en su forma de expresarse, de explicarse y de manejar la información que ha procesado, así como su manera de razonar en términos científicos. Su forma de explicar qué entiende por célula en el examen de Origen de la Vida (18-11-96) da cuenta de ello.

“Es la unidad biológica fundamental que posee vida propia, es decir, ella misma posee los mecanismos bioquímicos necesarios para realizar las funciones vitales.

Las células se dividen en procariotas y eucariotas. Las procariotas no poseen envoltura nuclear y por esta razón la información genética se encuentra dispersa en el citoplasma. Poseen membrana celular y en el citoplasma faltan algunos orgánulos presentes en la célula eucariota. No se dividen ni por meiosis ni por mitosis. Constituyen el reino de los moneras. Las células eucariotas poseen un núcleo definido ya que posee envoltura nuclear. En el citoplasma están presentes todos los orgánulos celulares. Se

dividen por mitosis y meiosis. Constituyen el reino de los protoctistas, metafitas y metazoos. Estas células se dividen, a su vez, en células animales y células vegetales”.

Como vemos, si bien a primera vista puede parecer una simple definición libresco, incorpora conceptos que suponen elaboración personal y organización autónoma de la información que maneja, utilizando conceptos estrictamente estructurales y relativos a procesos; y en este sentido, hemos de advertir que a lo largo de todo el ejercicio se observa que sin usar conceptos específicamente metabólicos, Constanza imprime y dota a ésta “su” célula de dinamismo, de vida, recurriendo a fenómenos y procesos que la caracterizan y que le son propios. Ejecuta, pues, un modelo mental de célula ante este examen que se ajusta con bastante fiabilidad a la entidad real que representa, que es análogo a la misma, un mundo –célula- que ella no conoce más que a través del discurso, de la información que recibe, maneja y procesa que en su mente incorpora los dos aspectos o vertientes que la definen y caracterizan, que son su sustrato físico, ése que esta estudiante ya conocía, por una parte, y su forma de comportarse, por otra. Con una representación de estas características es lógico pensar que puedan llevarse a cabo deducciones e inferencias consistentes biológicamente, razonamientos científicamente válidos que requieran y pongan en juego ambos aspectos y esto es lo que se observa en lo que hace ante la siguiente pregunta:

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchan y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“Este fenómeno se puede explicar por el fenómeno osmótico. Mientras están vivas la concentración de sales en su interior es mayor que la del agua salada que las rodea. Entonces el agua fluye a su interior, manteniendo las concentraciones isotónicas y manteniéndola viva. Cuando la medusa se muere el agua fluye del interior de la medusa al exterior provocando su arrugamiento.

La medusa puede estar hinchada porque ésta puede contener muchas sales minerales en su interior. Al encontrarse en agua salada, ésta debe tener una concentración menor para que el agua pase al interior de la medusa provocando la turgencia. Este organismo se puede morir si es introducido en agua salada de una concentración mayor que la anterior produciendo un flujo de agua del interior de la medusa al exterior provocando su muerte. La medusa también podría morir por encontrarse en un medio como el agua pura ya que al tener el animal una concentración menor pasaría tanta agua al interior que explotaría”.

Ante el examen de Glúcidos (9-12-96) Constanza muestra indicios de un modo de operar en su mente similar al que tuviera en el ejercicio anterior; por su manera de manejar las preguntas que se le hacen, debe estar rotando un modelo mental semejante, es decir, un modelo de célula global, integrado, en el que hace interactuar estructuras y procesos para dar cuenta de una entidad, de una “cosa”, que se caracteriza precisamente por esas interacciones. Elabora de forma personal las frases que usa y las organiza coherentemente en un discurso fluido en el que aplica acertadamente los conceptos que utiliza y todo ello lo hace estructurando autónomamente esa información. Justo es reconocer que el contenido incluido en este examen se centra en el metabolismo celular, en el procesamiento energético que hace que esa célula mantenga su condición de estructura viva y ello, como se sabe, se estudia por primera vez con rigor en este nivel y su complejidad y grado de abstracción hacen que el alumnado presente dificultades y

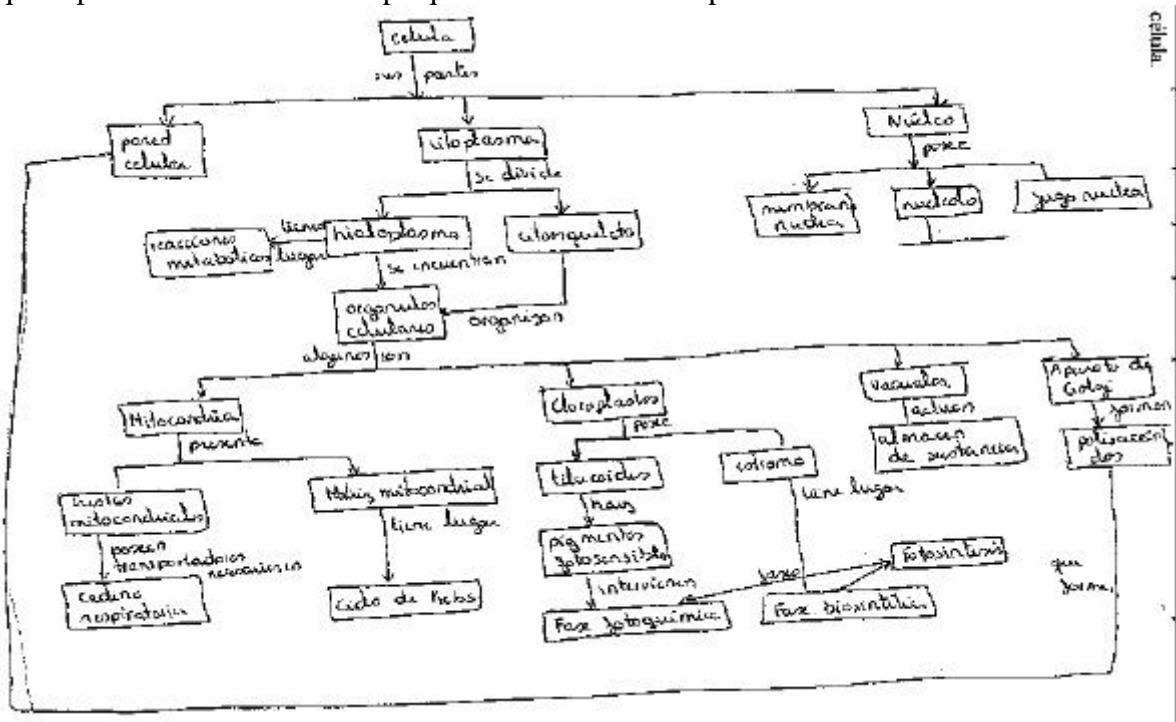
problemas para su aprehensión; y a pesar de eso, aunque haya algunos signos de ello, Constanza le ha encontrado sentido a toda esta “nueva” realidad, le ha atribuido significados consistentes y válidos a todos o a muchos de esos abundantes conceptos metabólicos que caracterizan procesos exclusivos de la materia viva. Veamos cómo se expresa en este terreno.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“Porque si es capaz de realizar respiración aeróbica y anaeróbica llevará a cabo la que sea más rentable, es decir, la aeróbica. Mientras en la anaeróbica se obtienen dos moléculas de ATP, en la aeróbica obtiene treinta y ocho ATP.*
-
- *Sí, el catabolismo autótrofo se produce a partir de compuestos que han sido fabricados por el mismo organismo y el heterótrofo es aquel en el que el compuesto que se degrada se ha obtenido a partir de productos que proceden del exterior.*
- *No porque los glúcidos actúan tanto como combustible como formando estructuras. Si no hubiera(n) glúcidos las células por obtendrían energía de forma rápida para realizar sus funciones ya que ésta se puede movilizar con gran rapidez. Además los glúcidos forman estructuras debido a los enlaces **b** que impiden la degradación de la molécula con el paso del tiempo”.*

Como puede observarse, uno de los apartados ha quedado sin respuesta y en otro se muestra un matiz discutible, pero no cabe duda de que Constanza ha adquirido comprensión sobre lo que una célula hace en términos energéticos y de que cuando responde piensa indistintamente en estructuras y procesos, como se desprende de la última de las respuestas. De este modo puede llevar a cabo razonamientos válidos, puede razonar lógicamente porque puede anticipar comportamientos y explicaciones aunque éstas no sean correctas desde el punto de vista fisiológico; un ejemplo lo tenemos en su forma de resolver la situación siguiente:

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.
- *“Lo que se plantea en el texto es que cuando se lleva a cabo la ovulación es necesaria glucosa que obtiene la célula por ingestión de alimentos por parte del organismo. La glucosa se está obteniendo para formar estructuras en este caso los óvulos.*
- *Esa necesidad(e) de ingerir glúcidos se puede deber a la necesidad de crear estructuras de los óvulos mediante la transformación de glucosa en un polisacárido que tenga misión de construcción, ya que es precisa la existencia de glúcidos en las células. En personas que no ingieren glúcidos, que llevan una dieta pobre en estas sustancias, podría producirse un paro en la formación de óvulos, esterilidad, como caso bastante exagerado”.*

Cuando Constanza hace el primer mapa conceptual que se solicita para expresar lo que se sabe sobre la estructura y el funcionamiento de una célula (8-1-97) lleva a cabo una selección arbitraria de conceptos que une con nexos muy simples que, como consecuencia, dan lugar a proposiciones que resultan poco significativas desde el punto de vista biológico; además, organiza y jerarquiza dichos conceptos débilmente poniendo algunos de ellos más explicativos y abarcadores por debajo de otros que lo son menos. Destaca en su mapa una primera parte centrada en los orgánulos no incorporando ninguna molécula y, al final, dedica un último nivel a procesos metabólicos haciendo con ellos una simple ubicación de los mismos y no reflejando su esencia o la razón de ser de que se lleven a cabo; el producto que nos presenta parece el resultado de haber pensado en los distintos elementos celulares que ha seleccionado y “a posteriori”, a modo de catálogo, haber añadido su proceso correspondiente como si de un funcionamiento-suma se tratara, no dando ninguna impresión de que modele una célula integral, una célula en acción en la que todas esas cosas y reacciones se producen de manera integrada. El modelo mental que ha ejecutado en este momento como sustrato para desarrollar su mapa conceptual no parece ser otro que un modelo dual de la célula que representa. Veamos el mapa que Constanza nos ha presentado.



En el examen de Lípidos (26-2-97) esta alumna explica lo que entiende por célula en los siguientes términos:

“La célula es una estructura ordenada capaz de llevar a cabo funciones de nutrición, reproducción y relación. Posee tres partes bien diferenciadas: membrana, citoplasma y núcleo en cada una de las cuales se llevan a(c) cabo procesos relacionados con sus procesos vitales”.

Parece una simple definición y sin embargo incorpora distintos elementos funcionales y estructurales de manera integrada; lleva a cabo funciones y sus elementos estructurales realizan procesos. En este ejercicio hace un uso similar de la información que en los exámenes anteriores y demuestra tener un poder explicativo considerable y un poder predictivo también nada despreciable; puede comunicar acertadamente un

conocimiento que organiza de manera fluida para el que utiliza profusamente elementos conceptuales tanto estructurales como comportamentales, elementos que se han ido incrementado en su modelo y que usa significativamente desde la perspectiva biológica. Veamos un ejemplo sobre su modo de razonar en estos términos.

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

“Los liposomas son vesículas formadas por lípidos, componentes que también forman parte de la membrana plasmática celular. Estas partículas pueden fusionarse con la membrana celular, vertiendo luego su contenido al interior de la célula. Con esta fusión se está dotando a la membrana de más lípidos que se sellarán unos con otros (propiedad de los lípidos) impidiendo así la salida de agua de la célula (evitando la deshidratación) y por tanto la(s) aparición de arrugas. Por tanto una piel deshidratada será más propensa a la aparición de arrugas.

Por ejemplo: al estar mucho tiempo al sol debemos ponernos cremas protectoras con productos que impidan la deshidratación. Una piel envejece mucho más rápido si está mucho tiempo expuesta al Sol y más si no se utilizan cremas especializadas”.

Ese mismo modelo que hizo rotar ante el examen de Lípidos y que le permitió establecer relaciones causa/efecto modelizando una célula en acción es el mismo que parece haber generado también ante el examen de Proteínas (14-3-97), si bien ha de admitirse que, por ejemplo, ante la pregunta que requiere el papel de los enzimas en la estructura y el funcionamiento celular, Constanza no hace referencia explícita al primero de los aspectos citados y sí a procesos metabólicos.

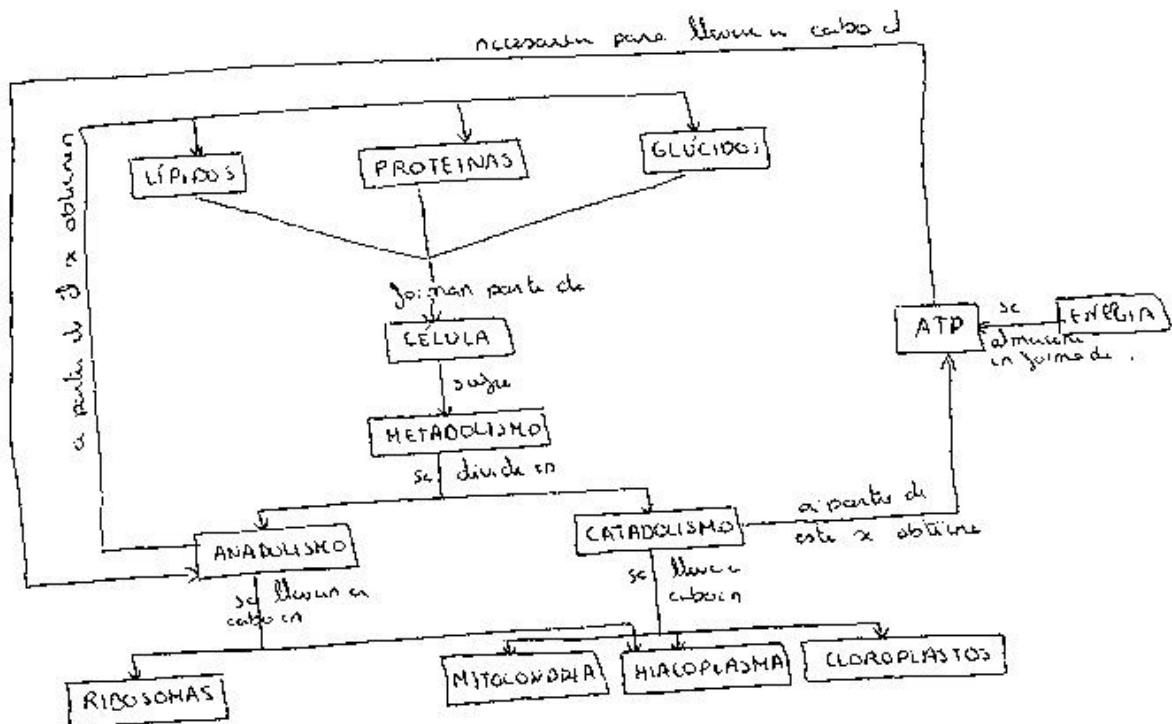
“La importancia biológica de los enzimas radica en su capacidad de disminuir la energía de activación de los sustratos de una reacción química. Además intervienen de tal manera que provocan una mayor velocidad en la reacción, algo importante en los procesos metabólicos de la célula”.

Su forma de exteriorizar la información en este ejercicio, su discurso, nos lleva a pensar nuevamente que esta joven tiene en su cabeza un modelo causal, si bien, como se acaba de mostrar, no da indicios de percibir la célula de forma global y, de hecho, aunque relativamente elaboradas, sus deducciones y sus inferencias son un tanto más débiles que en ocasiones anteriores; puede razonar de manera más o menos válida y lo hace con fluidez pero también con cierta superficialidad. Su respuesta ante la siguiente pregunta es un dato de lo expuesto.

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
 - ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

“Si esa sustancia, el Roundup posee esa capacidad de inhibir la enzima que interviene en la síntesis de aminoácidos se usa en los cultivos, acabará matando las plantas, no sólo las malas hierbas. Una manera de provocar la muerte únicamente a las malas hierbas podría ser fabricando una sustancia que contrarrestara la actividad del Roundup. Ésta sólo se echaría sobre las plantas cultivadas así, contendrían esos aminoácidos imprescindibles para nosotros”.

Su segundo mapa conceptual (2-4-97) presenta algunos cambios si lo comparamos con el anterior; se reclamó en esta ocasión lo mismo pero limitando el número de conceptos a quince y Constanza sólo selecciona trece pero la elección que lleva a cabo es pertinente. Esta vez esos conceptos los une con conexiones explicativas y dan lugar a proposiciones significativas biológicamente, proposiciones que informan bastante más que en el mapa anterior de los significados que esta alumna le está atribuyendo a los conceptos que utiliza; la jerarquización que lleva a cabo es coherente y, como producto, nos entrega un mapa conceptual que es muy compacto. Al hacer la explicación de lo que ha hecho, observamos gran concisión y coherencia y, efectivamente, como en el propio mapa, integra perfectamente estructuras y procesos, lo que nos lleva a concluir que Constanza modeló en su mente una célula en acción de la que extrajo los “tokens” que el mapa muestra, generó, por lo tanto, un modelo global de la misma que fue el que le permitió que lo exteriorizara de la forma que esta producción muestra.



“La célula lleva a cabo una serie de procesos metabólicos, tanto anabólicos como catabólicos teniendo lugar simultáneamente. A partir de ellos se sintetiza o destruye materia (lípidos, proteínas, glúcidos) con el fin de mantener su ciclo de vida. En unos obtiene ATP y en otros obtiene materia a partir de ese ATP logrado”.

Y ese mismo modelo es el que está detrás de lo que esta estudiante hace en el examen de Ácidos Nucleicos 812-5-97), un examen en el que de nuevo nos encontramos con las mismas características. Constanza ha ido ampliando sus conjuntos de elementos estructurales (orgánulos y moléculas), de propiedades y características de los mismos y de relaciones entre ellos de modo que, al hacerlo, ha ido ganando poder explicativo y predictivo, ha ido encajando en aquella su primera representación sólo

estructural de la célula todo aquello que supone su dinámica, su forma de actuar tan peculiar en función de la naturaleza físico-química de sus moléculas constituyentes y lo ha hecho integrando toda esa información en una explicación única, integrada, causal, manejando indistintamente aspectos estructurales y comportamentales. Cuando se le pide que justifique el papel de los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento celular, nos encontramos con un nuevo dato de lo expresado, una respuesta suficientemente explicativa que destaca el papel funcional pero en la que, además, recurre a su localización en las estructuras celulares.

“Los ácidos nucleicos juegan un papel muy importante en la célula ya que intervienen en el almacenamiento y transmic(s)ión de la información genética. Del almacenamiento de la información se encarga el ADN (en procariontes, eucariontes y algunos virus) y el ARN (en el resto de los virus). Respecto a la transmic(s)ión, el ARN se encarga de leer y transmitir la información biológica a otras partes de la célula para llevar a cabo la síntesis de proteínas.

Los ácidos nucleicos interviene, además en el reparto de la información genética de los progenitores a sus descendientes en la reproducción.

Los ácidos nucleicos se encuentran generalmente en el núcleo aunque el ADN lo podemos encontrar además, en mitocondrias y cloroplastos”.

Al leer la forma de interpretar el símil que se le entrega de una célula para que explique hasta qué punto refleja su estructura y su funcionamiento (12-5-97) vemos un cierto cambio con respecto a su forma de expresarse ya que en esta ocasión no articula un discurso hilvanado sino que recurre a frases sueltas. Se diría ante esto que está exteriorizando un funcionamiento-suma, una lista de orgánulos y estructuras a la que añade aquello que hacen como proceso como si hubiese pensado por un lado y por otro en ambas vertientes; esto, como se recordará, se ha considerado una consecuencia clara de un trabajo mental con un doble esquema, en un nivel doble y, de hecho, vemos que esta alumna no usa más que “transporte” y “almacén” como conceptos comportamentales, con los que no puede expresar toda su complejidad fisiológica. No obstante, hemos de admitir que no debe tratarse solamente de ese esquema dual en la medida en que, aún así, comunica un funcionamiento algo más global a través de los verbos que utiliza y, sobre todo, porque establece no sólo esa relación a modo de catálogo sino también relaciones e interacciones de continuidad (“después”, “posterior”). Cabe, pues, la duda ante este producto que, en todo caso, parece razonable decantar hacia ese modelo dual del que ya se ha hablado según el cual, o bien se rota o ejecuta su subesquema estructural o bien su subesquema funcional no relacionándolos entre sí. Veamos cómo se expresa Constanza esta vez ante la tarea encomendada.

“Membrana: representado por un hombre que controla la entrada y salida de productos en relación a que es la encargada de regular el paso de sustancias.

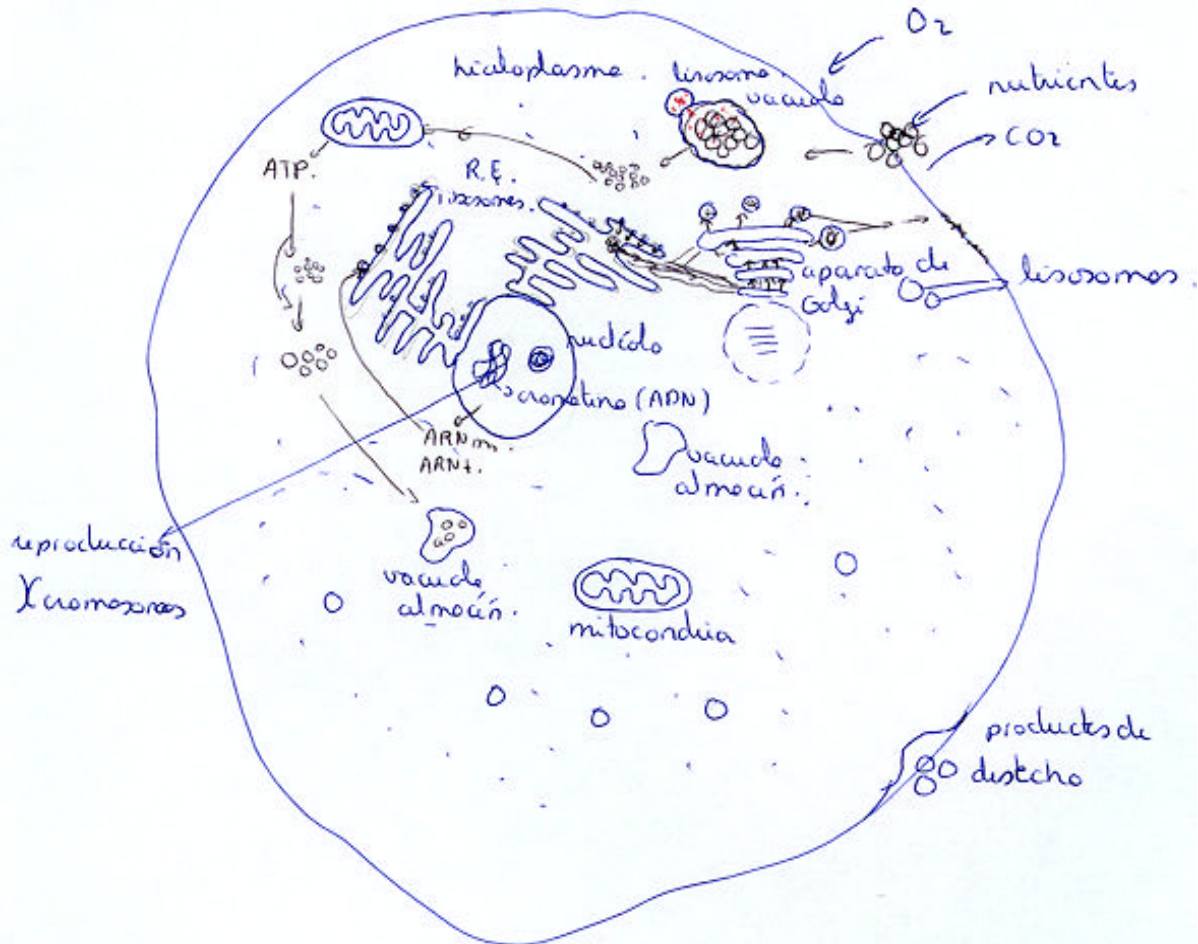
Lisosoma: representado por los obreros, los enzimas hidrolíticos que se encargan de dividir los compuestos orgánicos complejos y que comienzan a actuar en la vacuola digestiva cuando los lisosomas se adhieren a ellas proporcionándoles los obreros.

En la mitocondria donde se llevan a cabo abundantes procesos de oxidación-reducción con desprendimiento de energía. Lugar donde se combustionan y se queman las sustancias equivalente a una fábrica.

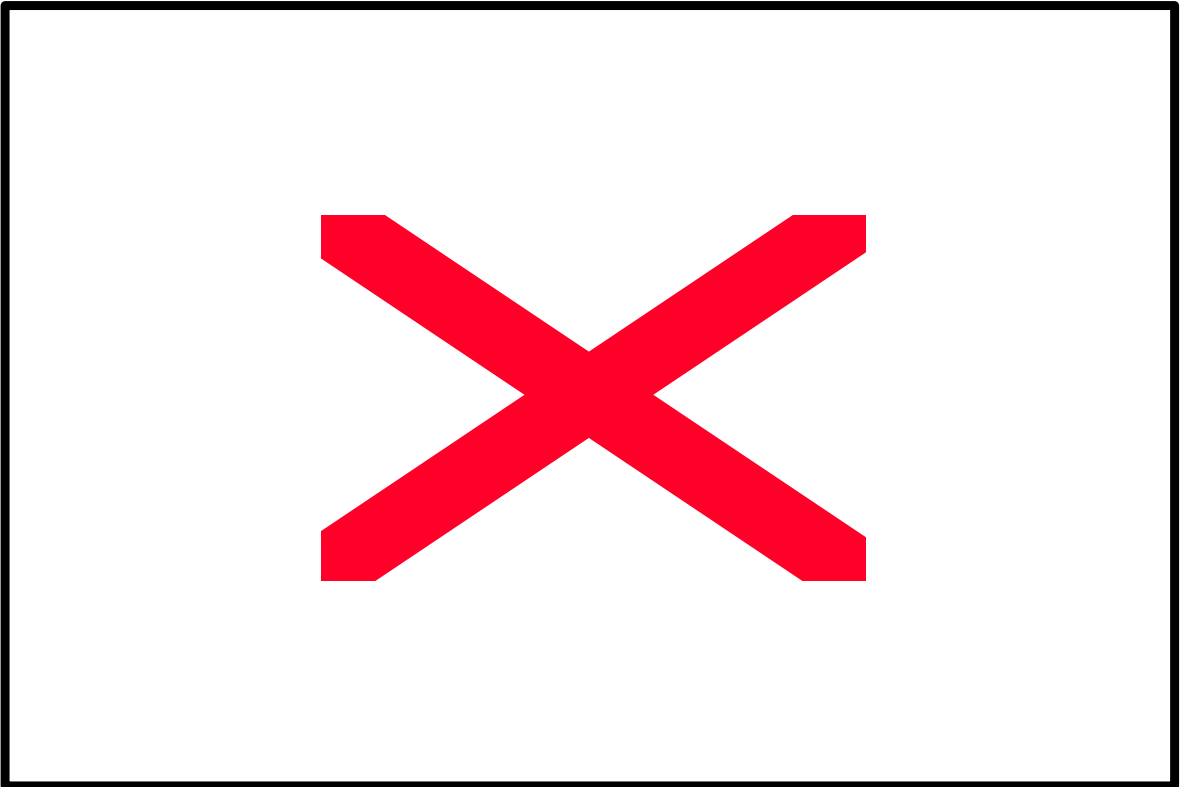
El núcleo representado como un lugar de mando que controla todos los procesos ocurridos en la célula.

Retículo endoplasmático rugoso en donde se encuentran los ribosomas adosados que sintetizan proteínas y el posterior transporte hasta el aparato de Golgi y quedando almacenados en las vacuolas de almacén y después de(l) la cual serían transportados a otros lugares de la célula como la membrana plasmática de la que formarán parte como constituyentes de ella”.

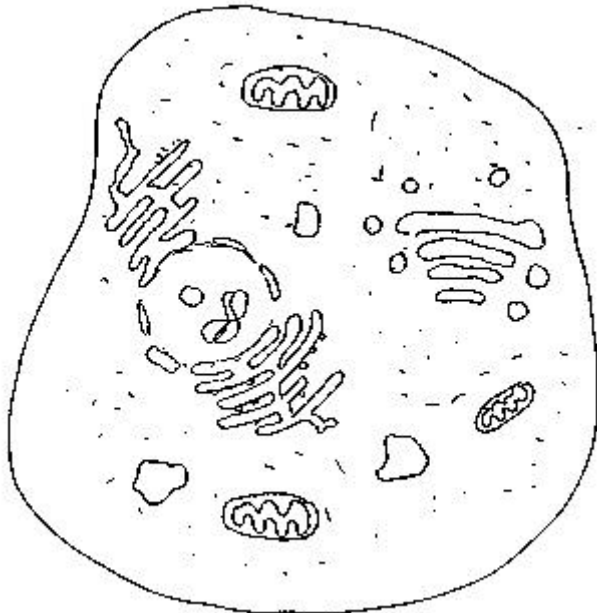
Cuando lo que se le requiere es que haga un dibujo para plasmar la estructura y el funcionamiento celular (16-5-97) Constanza hace un diseño considerablemente elaborado, un gráfico que no es el habitual de los libros de texto aunque a primera vista lo parezca; en él lleva a cabo identificación de los distintos orgánulos recurriendo también a algunos elementos moleculares y señala con flechas los distintos caminos o vías que éstas siguen, usando incluso para algunos procesos colores diferentes. Hemos de reconocer, en todo caso, que sólo usa tres conceptos funcionales pero “su” célula, a juzgar por este dibujo, parece ser un todo bien organizado, una visión única que resulta así compleja y dinámica, ajustándose de manera más fiel a lo que realmente es y representa en el mundo biológico. Veamos lo que nos ha entregado.



El tercer mapa conceptual que hace esta alumna (19-5-97) vuelve a ser un ejemplo de una selección adecuada y consistente de conceptos, ¡muchos, sin duda! los que elige que esta vez tampoco se limitan en número, con los que establece relaciones explicativas dando como resultado proposiciones que dan significado biológico a dichos conceptos, pero esta vez, aunque ella manifieste lo contrario en su explicación, no se observa claramente jerarquía alguna. Lo que sí se advierte es que maneja indistintamente moléculas, estructuras y procesos y lo hace como si todos ellos formaran parte de una única explicación, de un mismo análogo estructural de célula en su cabeza, como si realmente tuviera ésta modelada en su mente; “implica”, “necesita”, “puede seguir dos vías” son nexos que nos sirven de ejemplo de una cierta causalidad en su modo de representar esta compleja entidad que es la célula y que en la realidad se caracteriza precisamente por eso. Veamos el mapa que sustenta y da pie a esta interpretación.



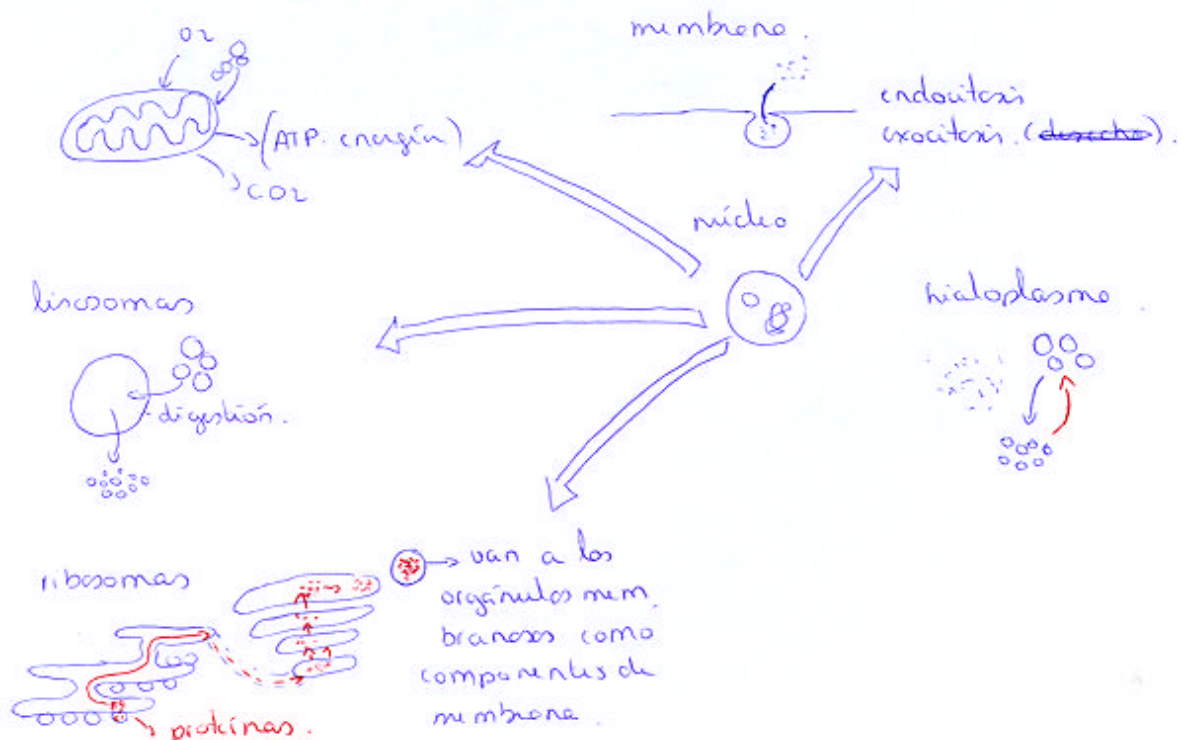
Una compleja entidad para la que Constanza ahora, al finalizar el curso, sí que tiene una cierta imagen, una visión que al principio, cuando se le pidió que representara y que dibujara , no tenía y ahora, en el cuestionario final (28-5-97), nos muestra como sigue:



Un complejo mundo para el que ahora sí que tiene respuesta y que puede exteriorizar cuando se le demanda que lo exprese con la concisión de tres frases que definan su comportamiento.

- *“Su funcionamiento parte de su necesidad de sobrevivir.*
- *Para llevar a cabo sus funciones vitales, la célula necesita energía.*
- *Su funcionamiento se basa en destruir materia obteniendo energía, y fabricando material nuevo a partir de esa energía obtenida”.*

Y una complejidad funcional que también de alguna manera puede plasmar gráficamente, algo que “no sabía dibujar” cuando empezamos a trabajar con este contenido.



Y es que Constanza ha enriquecido considerablemente su modelo mental de célula, lo ha ampliado y reestructurado añadiendo en abundancia elementos, “tokens”, que la han dotado de comprensión al respecto, le han permitido entender y captar la esencia misma del concepto “célula” como unidad de vida; esta joven ha desarrollado poder explicativo y poder predictivo sobre una “cosa” que no ve pero que comprende y aplica perfectamente porque ha sido capaz de modelarla con esos elementos en su cabeza, de “verla” en acción, destacando su funcionamiento articulado en torno a las moléculas que la constituyen que son las que aportan todo aquello que lo facilita. Volvemos a encontrarnos, como se ve, con aquellos tres conjuntos y Constanza tiene muy claro que aquél tercero que suponía relaciones e interacciones, o sea, los procesos que representan ese funcionamiento, se construye con los elementos de los anteriores y ella lo ha generado. El ejemplo más claro lo tenemos en el siguiente dato.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Para ser célula debe realizar todos los funcionamientos necesarios para la vida. Debe tener, para ello, mecanismos que la ayuden a llevar a cabo esa tarea. Para ser célula debe tener una composición elevada de proteínas, glúcidos, ácidos nucleicos, lípidos, agua, sales minerales, etc que aportan a ella facilidades para llevar a cabo su funcionamiento”.

Constanza tiene en su mente un modelo mental integrado, global, causal, que incluso “ve”, un modelo complejo que, como análogo que es de la célula que representa, ha captado toda esa complejidad de dicha entidad, una complicación que es real, a nadie se le escapa, y a esta alumna tampoco, a juzgar por su forma de explicar cómo cree que funciona.

“El funcionamiento de la célula es muy complicado y para llevarlo a cabo posee una serie de orgánulos o sistemas-mecanismos que se encarguen de cada proceso en concreto existiendo entre uno y otro una relación. Se trata, en general, de un funcionamiento bastante ordenado, es decir, hay como rutas dentro de las células, que son seguidas por las sustancias que se degradan, o las moléculas de ATP, NADH, NAD, etc. Se trata fundamentalmente de destruir materia obteniendo energía la cual es aprovechada para crear nueva materia”.

Una complejidad, dentro de un orden, que Constanza capta a la perfección porque su modelo mental de célula en este momento es un análogo estructural muchísimo más ajustado a la realidad que representa que en otros momentos del curso como, por ejemplo, al comenzar que, como se recordará, análogo era también pero muchísimo más pobre y limitado en términos explicativos ya que sólo atendía a su estructura. ¿Y qué nos aporta la entrevista que se le hace a final del curso (13-6-97)? Estaba próxima la fecha de un examen externo que desarrolla y organiza la Universidad para su acceso a la misma y Constanza se presentó a dicha entrevista sometida a una gran tensión y nerviosismo ante la inminencia de la prueba citada. ¿Y cómo responde? Quizás esta situación contextual explique que sus frases de nuevo fueran personales y elaboradas, así como la organización de la información que también fue autónoma, pero no así su discurso que sólo respondió a frases sueltas sin ningún hilo conductor. Cuando se le pide que describa la imagen que le sugiere la palabra “célula”, relata una imagen muy simple y libresca que es estática y esto sorprende por cuanto hasta este momento parecía haber construido un modelo mental causal, daba la impresión de que podía modelar una célula actuando como tal y, sobre todo, porque al oír anabolismo, catabolismo o meiosis sí que genera imágenes dinámicas, secuencias de procesos, unos biológicos y otro apoyándose en analogías (“vaso rompiéndose”, por ejemplo). Esa imagen que nos ha descrito es diferente a la que se le presenta en una foto de microscopía electrónica porque la suya tenía colores y porque los orgánulos se diferenciaban, eran más claros. El primero de los fragmentos seleccionados de esta entrevista es ciertamente muy largo pero nos permite ver la forma que sigue Constanza en su razonamiento, su manera de “suponer” y en qué la apoya.

ML: empezamos.

Constanza: ¡mmm ! creo que esto es una mitocondria.

ML: crees que eso es un amitocondria.

Constanza: ¡mj ! el núcleo.

ML: ¡mj !

Constanza: esto supongo que será el nucleolo, ... ¡mmm ! el retículo.

ML: ¡mj !

Constanza: con ribosomas, creo.

ML: entonces será.

Constanza: ... retículo endoplasmático rugoso.

ML: ¡aja !

Constanza: y luego esto supongo que será cromatina, masa de cromatina.

ML: ¡ya ! vamos a ver, ¿qué es lo que hace que tú me digas : esto es un núcleo, esto es una mitocondria, esto es retículo endoplasmático, esto es cromatina, esto es nucleolo.

Constanza: ¿cómo era la pregunta ?

ML: queee ¿por qué me dices : esto es un núcleo, esto es una mitocondria, esto es retículo ?

Constanza: ¡hombre ! por looo.

ML: ¿por qué deduces así ?

Constanza: por lo que hemos estudiado y eso,

ML: por lo que hemos estudiado. Porque me estabas diciendo : mi modelo de célula es distinto a este modelo de célula.

Constanza: ¡mj !

ML: sí.

Constanza: *más o menos interpretando la forma que tiene y eso pues ya sé que es eso pero en realidad no sé, no.*

ML: no es tan claro. ... ¿Esta imagen es una imagen real, es una foto real ?

Constanza: *supongo que sí.*

ML: supones que sí ; un poco grande ¿no ?

Constanza: *¡mj !*

ML: sí pero supones que es real. ¿Tu modelo es real ?

Constanza: *no.*

ML: no.

Constanza: *¡qué va !*

ML: a ver, ... ¿por qué [...]?

Constanza: *es que no tiene nada de parecido.*

ML: no tiene nada de parecido.

Constanza: *es como algo pero lo ponen para que tú lo entiendas mejor pero no.*

ML: ¡aja ! o sea que el tuyo se parece un poco.

Constanza: *para que puedas más o menos luego distinguir la forma.*

ML: ¡ya !

Constanza: *que puede tener.*

ML: vamos a ver, podríamos decir, entonces, que estructuralmente esto es análogo a una célula.

Constanza: *sí.*

ML: ¿por qué ? ¿estás segura ? ¿no tienes que tomar ning ?

Constanza: *¡mj !*

ML: estructuralmente es análogo a una célula. El modelo que tú tienes ¿estructuralmente es análogo a una célula ? ... análogo estoy diciendo,

Constanza: *sí.*

ML: no estoy diciendo "es". Es análogo a una célula.

Constanza: *¡mj !*

ML: cuando tú me has dicho : esto es núcleo, esto es tal, esto es cual ¿qué has hecho ? ¿aplicar tu modelo ?

Constanza: *sí.*

ML: ¿aplicar ese modelo gráfico o ese modelo gráfico tiene algo más ? ¿has aplicado algo más que esa imagen ?

Constanza: *más.*

ML: has aplicado más que la imagen.

Constanza: *sí porque ¡mmm ! nnno sé, la ¡mmm !, la, por ejemplo, ¡eh ! la cromatina en los dibujos de los libros y eso te viene como una cosa así toda enrollada.*

ML: ¡mj !

Constanza: *y más o menos en la teoría y eso pues ya te dice que son masas, que son masaaas acumuladas y entonces aquí ves como una masa acumulada, pues supongo que será eso y estando dentro del núcleo.*

ML: bien ; entonces vamos a ver, lo que me estás queriendo decir es que tú has aplicado para poder interpretar esta foto tu modelo gráfico.

Constanza y ML: *más.*

ML: tu modelo teórico.

Constanza: *sí.*

ML: o sea que tienes un modelo teórico también.

Constanza: *sí.*

Esta alumna tiene en su mente una información que parece manejar con texto, con discurso, aunque dice que utiliza imágenes porque de los orgánulos lo que tiene en su cabeza es eso, los diseños; construye un modelo mental que es causal, global, que integra estructuras y procesos, según ha quedado de manifiesto, echa mano de imágenes, si bien es cierto que esto sólo parece ocurrir cuando se le demandan explícitamente. Pero es un modelo único y el dato más claro al respecto lo tenemos en la misma entrevista, un tiempo después, cuando ante la demanda de explicar la estructura celular primero y el funcionamiento después, Constanza rota ¡exactamente! el mismo modelo; "su" célula es única, causal, una estructura en acción y no una célula-estructura

por un lado y una célula-funcionamiento por otro. Veamos el fragmento que nos sirve como registro de esta deducción.

ML: si yo te dijera : ¡eh ! organízame una exposición para que le expliques a alguien la estructura de la célula ¿cómo lo harías ?

Constanza: *con un dibujo.*

ML: con un dibujo. ... Empezarías a, a, a hablar a partir de un dibujo.

Constanza: *yo sí, yo creo que sí.*

ML: empezarías a hablar a partir de un dibujo. ¡aaahhh ! pero no con ideas sueltas sino que irías con algún orden ¿Cómo lo estructurarías ?

Constanza: *... yo creo que yo empezaría por ¡eeehhh ! los nutrientes cuando entran, o sea, cuando entran los nutrientes, ya yo empezaría a explicar todooo, o sea las vías que siguen y eso.*

ML: ¡eh ! si te expli, si te pidiera, entonces : ¡mmm ! organiza una exposición, vas a dar una conferencia sobre el funcionamiento de la célula ; ¿cómo organizas laa conferencia ?

Constanza: *... ¡mmm ! o sea ¿por dónde empezaría y por dónde ? Yo creo que yo empezaría por eso, por dónde, cómo empiezan los nutrientes, luego, al finaal a dónde van a parar, explicaría más o menos eso y luego ya me pasaría a la, a la reproducción yyy eso.*

¿Cuál ha sido la evolución que ha seguido Constanza a lo largo del curso? ¿Cuál fue el modelo con el que lo acabó? Esta alumna comenzó teniendo una simple estructura celular en su mente, un modelo que limitaba considerablemente su comprensión porque la célula es mucho más que ese estático sustrato; pero pronto captó que es precisamente su comportamiento, su forma de actuar lo que la caracteriza como unidad de la vida y para ello comenzó a darle significado, a atribuirle sentido a todo un conjunto de conceptos que básicamente suponen las características físico-químicas y las propiedades de las moléculas y de los orgánulos que con ellas se organizan, así como a establecer conexiones y correlaciones entre ellas a través de los procesos que siguen, al tiempo que ampliaba, también, sus elementos estructurales, o sea que lo que hacía Constanza era ampliar y verificar sistemáticamente los “tokens” (elementos) de los tres conjuntos que le permitían construir su modelo de la entidad célula que pretendía entender y explicar. Durante casi todo el curso operó construyendo esos conceptos que le hacían falta y trabajando mentalmente en el terreno de la causalidad y la integración, si bien es cierto que en alguna que otra ocasión recurrió a abordar aisladamente ambos aspectos haciendo rotar su submodelo estructural o su submodelo funcional en función de la demanda pero no ambos. Y hemos de admitir, también, que aunque comenzó sin recurrir en absoluto a las imágenes para apoyarse en sus razonamientos y en su forma de procesar la información, se han observado algunos indicios en sus producciones y verbalizaciones, sobre todo las últimas, en las que parece que hay una cierta generación y apoyo en las mismas para soportar dichas explicaciones, no resultando suficientes dichas tímidas evidencias como para concluir que esto se produzca de manera generalizada en su forma de pensar la célula. A modo de conclusión, pues, se deduce del análisis efectuado sobre los datos que Constanza ofrece que esta joven ha construido un modelo de célula que cuando acaba el curso es global, integrado, único, causal, un modelo mental de la misma categorizado como modelo C.

ANEXO N° 33:

SAGRARIO

NOMBRE: Sagrario

CURSO: COU B

FECHA: 24-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Ser vivo, células, vida, animal, vegetal, eucariota, procariota, membrana celular, citoplasma, orgánulos, vacuolas, mitocondrias, centriolos, núcleo, ácidos nucleicos, información genética, organización, funciones vitales, energía, materia, lisosoma, membrana nuclear, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, nutrientes, nutrición, relación, reproducción, ADN, proteínas, medio.	Célula, vacuolas, citoplasma, mitocondria, núcleo, cromatina, retículo endoplasmático, membrana plasmática, pared celular, aparato de Golgi, centriolos, ribosoma, lisosoma, cloroplastos, vegetal, animal, procariota, eucariota, cromatóforos, mesosomas, ácidos nucleicos, seres vivos, vida, organización, división celular, transporte, duplicación, orgánulos, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, nucleolo, metabolismo, reacciones, catabolismo, anabolismo.	Células, entropía, energía, seres vivos, materia, metabolismo, ATP, relación, sales minerales, principio inmediato, reacciones, glucólisis, ciclo de Krebs, membrana plasmática, lípidos, proteínas, núcleo, exocitosis, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondrias, lisosomas, cloroplastos, vegetal, orgánulos, división celular, huso acromático, cromosomas, fecundación, nucleolo, secreción, ribosoma, citosol, ácidos nucleicos, glúcidos, matriz mitocondrial, procariotas, eucariotas, cilios, desecho.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre (frases incoherentes y sueltas, sin sentido)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (3°) No uso (1° y 2°) (lo que hace es explicar)	Uso (1° y 3°) No uso (2°) (no sé cómo se dibuja el funcionamiento de una célula, que yo recuerde Lo que sigue también tiene interés)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: rutas metabólicas. • Proteína: membrana plasmática. • Lípido: membrana plasmática. • Ácido nucleico: el núcleo. • Energía: una célula moviéndose. • Célula: una célula. Es una imagen dinámica: se mueve dentro, hay un trasiego y además, tampoco tiene que ser siempre la misma célula ¡¡¿¿muchas imágenes??!! • Catabolismo: mitocondria. • Meiosis: división celular. • Reproducción: fecundación de espermatozoide y óvulo. • Ser vivo: persona. • Nutrición: persona o animal comiendo. • Relación: hablando con otra persona.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • célula: como en Érase una vez la vida. Extrabiol./autónoma. • Célula: fábrica con sus obreros, directores, centro de mando, infiltrados y su defensa. Extrabiol./repetición de clase. 	<ul style="list-style-type: none"> • célula: funciona como una fábrica. Extrabiol./repetición de clase. 	<ul style="list-style-type: none"> • célula: como si fuera un puzzle o un cuadro.

- pág. 8 y 9: problemas para un modelo de funcionamiento -no modelo.
- (12-8-98) refiere muchas imágenes a célula.
- Pág. 6 : su modelo de célula no responde a la imagen que le enseñó. Mi modelo sería algo más como un esquema que ... real.; ¡análogos estructurales pero más simplificados!
- Los dibujos de octubre y mayo se parecen mucho; ¡imagen estable!

NOMBRE: Sagrario

CURSO: COU B

FECHA: 24-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, unidad vital, animal, vegetal, metabolismo, reacciones, energía, ATP, membrana plasmática, citoplasma, núcleo, pared celular, anabolismo, catabolismo, orgánulos, nucleolo, autótrofo, heterótrofo, glúcidos, centriolos, ribosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuolas, mitocondrias, cloroplastos, glucólisis, fotosíntesis, ciclo de Krebs, fotoquímica, cadena respiratoria, biosintética.	Célula, energía, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, orgánulos, aminoácidos, ribosomas, estructural, de reserva, defensiva, especificidad, catabolismo, anabolismo.	Membrana plasmática, citoplasma, mitocondria, cloroplasto, retículo endoplasmático, ribosomas, aparato de Golgi, lisosomas, vacuola, núcleo, orgánulos, principios inmediatos orgánicos, principios inmediatos inorgánicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, agua, sales minerales, ciclo de Krebs, ARN, ADN, interfase, división, transporte de sustancias, glucólisis, cadena transportadora, fotosíntesis, ciclo de Calvin, m, n, t, r, neoglucogénesis, ATP, metabolismo, anabolismo, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, célula, animal, vegetal, somáticas, sexuales, hialoplasma, citoesqueleto.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: unidad vital, reacciones ¡y por qué!, fotoquímica, biosintética - adjetivos)	Arbitraria (hay adjetivos)	Arbitraria (Ej: iniciales de los tipos de RNA).
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Simples	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas (faltan nexos)	Significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	De libro (bioquímica, citología, metabolismo) (Justifica la jerarquía y no se explicita conciencia de que sea de libro; en este sentido, está argumentado ¡¡pero le sale por niveles de organización!!)	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Sagrario

CURSO: COU B

FECHA: 24-2-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, proteínas, lisosomas, núcleo, célula, mitocondria, energía, vacuola, ribosomas, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ARN.	Célula, reacciones, materia, vida, nutrientes, agua, sales, membrana plasmática, turgencia, plasmólisis, metabolismo, seres vivos, información genética, protoplasma, ácido nucleico, procariotas, eucariotas, organismos.	Respiración celular, célula, energía, nutrientes, ATP, organismo, glucólisis, hialoplasma, fermentaciones, ciclo de Krebs, fotosíntesis, vegetales, agua, sales minerales, cloroplastos, tilacoides, ciclo de Calvin, estroma, enzima, glúcido, reacciones, materia, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, síntesis, animales, aparato de Golgi, glucosidación, lípidos, anaerobia, degradación, monosacárido.	Seres vivos, reacciones, metabolismo, célula, nutrientes, animal, heterótrofa, energía, vegetal, autótrofa, eucariota, procariota, núcleo, membrana plasmática, citoplasma, orgánulos, principios inmediatos, proteínas, lípidos, glúcidos, agua, sales minerales, autosellado, autoensamblaje, plasticidad, ciclo de Krebs, citosol, ATP, mitocondria, matriz mitocondrial, nucleótidos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, cloroplastos, secreción, permeabilidad, aminoácido, nucleolo, envoltura nuclear, vesículas, materia, ácidos grasos, fluidez.	Proteínas, seres vivos, aminoácidos, membrana plasmática, endomembranas, microtúbulos, citoesqueleto, cilios, flagelos, enzimas, organismo, reacciones, metabolismo, lisosomas, citoplasma, fagocitosis, catálisis, núcleo, célula, ARN mensajero, ribosoma, información, ADN, antígenos, linfocitos, anticuerpos, respuesta inmune, inmunidad, secreción, vacuna, suero, cofactores, energía, nutriente.	ADN, duplicación, sobrecruzamiento, recombinación, profase, genes, cromátidas, variabilidad genética, funciones vitales, vida, gametos, cromosomas, nucleótidos, nucleósidos, RNA, ácido nucleico, núcleo, células, interfase, proteínas, mitosis, haploides, meiosis, centriolo, huso mitótico, envoltura nuclear, metafase, anafase, telofase, diploide, centrómeros, información, herencia, genotipos, fenotipo, homocigótico, heterocigóticos, paquiteno, sexo, RNA mensajero, RNA ribosómico, RNA transferente, RNA nucleolar, síntesis, leptoteno, cigoteno, diploteno, diacinesis, ligamiento, codominancia.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal (17-2-99: de libro)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: definición de célula)	Organización autónoma (Ej: preg. 6 y 7)	Organización autónoma (Ej: definición de célula)	Organización autónoma	Repetición mecánica (muy memorístico)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	Uso (para mitosis)
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Elaboradas	Elaboradas (Ej: preg. 6)	Elaboradas (Ej: preg. 5 pero describe sólo en preg. 4)	Elaboradas (Ej: preg. 5)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	• núcleo: cerebro de la célula. Biol./autónoma.

NOMBRE: Sagrario

CURSO: COU B

FECHA: 24-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> No hace 1º dibujo. No hace 2º dibujo. Analogía en dibujo de funcionamiento ¡que no hace!. <p>Membrana celular, lisosoma, vacuola, mitocondria, retículo endoplasmático liso, membrana nuclear, nucleolo, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, centriolos, célula, animal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> No hace 2º dibujo -funcionamiento: no sé cómo se dibuja el funcionamiento de la célula, no lo he sabido hasta ahora que yo recuerde. Puedo saber dibujar las distintas partes que tiene y explicar para qué sirve cada una, pero no puedo dibujar cómo funciona. (12-8-98): ¿puede tener un modelo de suma de partes, o sea, no tener un modelo global sino de suma? <p>Vacuolas, citoplasma, mitocondria, núcleo, cromatina, retículo endoplasmático, cloroplastos, lisosoma, ribosoma, centriolos, aparato de Golgi, pared celular, membrana plasmática, vegetal, animales, procariota, eucariotas, cromatóforos, mesosomas, ácidos nucleicos.</p>	<p>Proteínas, lípidos, membrana plasmática, lisosomas, ribosoma, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, RNA, nucleolo, DNA, cromosoma, cromatina, retículo endoplasmático liso, vacuola, ATP, citoesqueleto, citoplasma, agua, sales minerales, glúcidos, mitocondria, cloroplastos, animal, célula.</p>
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	Elaboración personal (membrana, citoesqueleto)
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación	Identificación
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simple-estático	Simple-estático	Simple-estático

NOMBRE: Sagrario

CURSO: COU B

FECHA: 24-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Ser vivo, células, vida, animal, vegetal, eucariota, procariota, membrana celular, citoplasma, orgánulos, vacuolas, mitocondrias, centriolos, núcleo, ácidos nucleicos, información genética, organización, funciones vitales, energía, materia, lisosoma, membrana nuclear, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, nutrientes, nutrición, relación, reproducción, ADN, proteínas, medio.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, reacciones, materia, vida, nutrientes, agua, sales, membrana plasmática, turgencia, plasmólisis, metabolismo, seres vivos, información genética, protoplasma, ácido nucleico, procariotas, eucariotas, organismos.
ex. GLUC. 9/12/96	Respiración celular, célula, energía, nutrientes, organismo, ATP, glucólisis, hialoplasma, fermentaciones, ciclo de Krebs, fotosíntesis, vegetales, agua, sales minerales, cloroplastos, tilacoides, ciclo de Calvin, estroma, enzima, glúcido, reacciones, materia, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, síntesis, animales, aparato de Golgi, glucosidación, lípidos, anaerobia, degradación, monosacárido.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Célula, unidad vital, animal, vegetal, metabolismo, reacciones, energía, ATP, membrana plasmática, citoplasma, núcleo, pared celular, anabolismo, catabolismo, orgánulos, nucleolo, autótrofo, heterótrofo, glúcidos, centriolos, ribosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuolas, mitocondrias, cloroplastos, glucólisis, fotosíntesis, ciclo de Krebs, fotoquímica, cadena respiratoria, biosintética.
ex. LÍP. 26/2/97	Seres vivos, reacciones, metabolismo, célula, nutrientes, animal, heterótrofa, energía, vegetal, autótrofa, eucariota, procariota, núcleo, membrana plasmática, citoplasma, orgánulos, principios inmediatos, proteínas, lípidos, glúcidos, agua, sales minerales, autosellado, autoensamblaje, plasticidad, ciclo de Krebs, citosol, ATP, mitocondria, matriz mitocondrial, nucleótidos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, cloroplastos, secreción, permeabilidad, aminoácido, nucleolo, envoltura nuclear, vesículas, materia, ácidos grasos, fluidez.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, seres vivos, aminoácidos, membrana plasmática, endomembranas, microtúbulos, citoesqueleto, cilios, flagelos, enzimas, organismo, reacciones, metabolismo, lisosomas, citoplasma, fagocitosis, catálisis, núcleo, célula, ARN mensajero, ribosoma, información, ADN, antígenos, linfocitos, anticuerpos, respuesta inmune, inmunidad, secreción, vacuna, suero, cofactores, energía, nutriente.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Célula, energía, principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, orgánulos, aminoácidos, ribosomas, estructural, de reserva, defensiva, especificidad, catabolismo, anabolismo.
ex. AN. 12/5/97	ADN, duplicación, sobrecruzamiento, recombinación, profase, genes, cromátidas, variabilidad genética, funciones vitales, vida, gametos, cromosomas, nucleótidos, nucleósidos, RNA, ácido nucleico, núcleo, células, interfase, proteínas, mitosis, haploides, meiosis, centriolo, huso mitótico, envoltura nuclear, metafase, anafase, telofase, diploide, centrómeros, información, herencia, genotipos, fenotipo, homocigótico, heterocigóticos, paquiteno, sexo, RNA mensajero, RNA ribosómico, RNA transferente, RNA nucleolar, síntesis, leptoteno, cigoteno, diploteno, diacinesis, ligamiento, codominancia.
Símil de la fábrica 12/5/97	Membrana, proteínas, lisosomas, núcleo, célula, mitocondria, energía, vacuola, ribosomas, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, ARN.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Proteínas, lípidos, membrana plasmática, lisosomas, ribosoma, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, RNA, nucleolo, DNA, cromosoma, cromatina, retículo endoplasmático liso, vacuola, ATP, citoesqueleto, citoplasma, agua, sales minerales, glúcidos, mitocondria, cloroplastos, animal, célula.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Membrana plasmática, citoplasma, mitocondria, cloroplasto, retículo endoplasmático, ribosomas, aparato de Golgi, lisosomas, vacuola, núcleo, orgánulos, principios inmediatos orgánicos, principios inmediatos inorgánicos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, agua, sales minerales, ciclo de Krebs, ARN, ADN, interfase, división, transporte de sustancias, glucólisis, cadena transportadora, fotosíntesis, ciclo de Calvin, m, n, t, r, neoglucogénesis, ATP, metabolismo, anabolismo, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, célula, animal, vegetal, somáticas, sexuales, hialoplasma, citoesqueleto.
Cuestionario final 28/5/97	Célula, vacuolas, citoplasma, mitocondria, núcleo, cromatina, retículo endoplasmático, membrana plasmática, pared celular, aparato de Golgi, centriolos, ribosoma, lisosoma, cloroplastos, vegetal, animal, procariota, eucariota, cromatóforos, mesosomas, ácidos nucleicos, seres vivos, vida, organización, división celular, transporte, duplicación, orgánulos, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, nucleolo, metabolismo, reacciones, catabolismo, anabolismo.
Entrevista. 12/6/97	Células, entropía, energía, seres vivos, materia, metabolismo, ATP, relación, sales minerales, principio inmediato, reacciones, glucólisis, ciclo de Krebs, membrana plasmática, lípidos, proteínas, núcleo, exocitosis, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondrias, lisosomas, cloroplastos, vegetal, orgánulos, división celular, huso acromático, cromosomas, fecundación, nucleolo, secreción, ribosoma, citosol, ácidos nucleicos, glúcidos, matriz mitocondrial, procariotas, eucariotas, cilios, desecho.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Membrana celular, citoplasma, orgánulos, vacuolas, mitocondrias, centriolos, núcleo, lisosoma, membrana nuclear, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, aparato de Golgi.	Membrana plasmática, protoplasma.	Hialoplasma, cloroplastos, tilacoides, aparato de Golgi.	Membrana plasmática, citoplasma, núcleo, pared celular, orgánulos, nucleolo, centriolos, ribosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuolas, mitocondrias, cloroplastos.	Núcleo, membrana plasmática, citoplasma, orgánulos, citosol, mitocondria, matriz mitocondrial, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, cloroplastos, nucleolo, envoltura nuclear, vesículas.	Membrana plasmática, endomembranas, microtúbulos, citoesqueleto, cilios, flagelos, lisosomas, citoplasma, núcleo, ribosoma.	Orgánulos, ribosomas.	Cromosomas, núcleo, centriolo, huso mitótico, envoltura nuclear, centrómeros.	Membrana, lisosomas, núcleo, mitocondria, vacuola, ribosomas, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso.	Membrana plasmática, lisosomas, ribosoma, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, nucleolo, cromosoma, retículo endoplasmático liso, vacuola, citoesqueleto, citoplasma, mitocondria, cloroplastos.	Membrana plasmática, citoplasma, mitocondria, cloroplasto, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, lisosomas, vacuola, núcleo, orgánulos, hialoplasma, citoesqueleto.	Vacuolas, citoplasma, mitocondria, núcleo, retículo endoplasmático, membrana plasmática, pared celular, aparato de Golgi, centriolos, ribosoma, lisosoma, cloroplastos, cromatóforos, mesosomas, orgánulos, retículo endoplasmático liso, nucleolo.	Membrana plasmática, núcleo, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondrias, lisosomas, cloroplastos, orgánulos, huso cromático, cromosomas, nucleolo, ribosoma, matriz mitocondrial cilios.	AG8,ctro4,centrómero1,cilio2,ctq3,ctpl7,cts12,clpt7,croma3,envncl2,fgl1,hpl2,husoac1,husomit1,liss7,matrixmit2,memb10,mmbrcel1,mmbnrc1,mmbprplast8,microtúbulo1,mitc8,nuc19,nuclo5,org7.paredcel2,RE8,REL4,RE4rib8,tilacoides1,vesc1
Moléculas	Ácidos nucleicos, nutrientes, ADN, proteínas.	Nutrientes, agua, sales, ácido nucleico.	Nutrientes, ATP, agua, sales minerales, enzima, glúcido, lípidos, monosacárido.	ATP, glúcidos.	Nutrientes, principios inmediatos, proteínas, lípidos, glúcidos, agua, sales minerales, nucleótidos, aminoácidos, ácidos grasos.	Proteínas, aminoácidos, enzimas, ARN mensajero, ADN, cofactores, nutriente.	Principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, aminoácidos.	ADN, genes, cromátidas, nucleótidos, nucleósidos, RNA, ácido nucleico, proteínas, RNA mensajero, RNA ribosómico, RNA transferente, RNA nucleolar.	Proteínas, ARN.	Proteínas, lípidos, RNA, DNA, cromatina, ATP, agua, sales minerales, glúcidos.	Principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleico, agua, sales minerales, ARN, ADN, ATP..	Cromatina, ácidos nucleicos.	ATP, sales minerales, principio inmediato, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, glúcidos.	AN5,acrasos1,ADN4,agua5,aa3,ARN5,ARNm1,ATP5,cofactor1,cromát1,cromatina2,enz2,gen1,gluc7,líp6,monosac1,nucleósido1,nucleótido2,nutriente5,PI4,prot9,sm5.
PROCESOS Mts.	-	Metabolismo	Respiración celular, glucólisis, fermentaciones, ciclo de Krebs, fotosíntesis, ciclo de Calvin, catabolismo,	Metabolismo, anabolismo, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, fotosíntesis, ciclo de Krebs, cadena	Metabolismo, heterótrofa, autótrofa, ciclo de Krebs, secreción.	Metabolismo, catálisis, secreción.	Reserva, catabolismo, anabolismo.	Duplicación, síntesis.	-	-	Ciclo de Krebs, glucólisis, cadena transportadora. Fotosíntesis, ciclo de Calvin, neoglucógeno	Duplicación, metabolismo, anabolismo.	Metabolismo, glucólisis, ciclo de Krebs, secreción, desecho.	Aerobia1,anb4,auf3,cadresp1,cat5,catalisis1,cKrebs5,desecho1,duplicación2,fermet1,ftst3,glucogén1,glucólisis4,glucosidación1,hete

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
			autótrofo, heterótrofo, síntesis, glucosidación, anaerobia, degradación.	respiratoria.							esis, metabolismo, anabolismo, catabolismo, autótrofo, heterótrofo.			rof3,mtb7,res p1,respcel1,s ecreción3,sín tesis4.
Otros	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción .	Turgencia, plasmólisis.	-	-	-	Fagocitosis.	-	Sobrecruzamiento, recombinación, profase, funciones vitales, mitosis, haploides, meiosis, metafase, anafase, telofase, diploide, paquiteno, leptoteno, cigoteno, diploteno, diacinesis, ligamiento.	-	-	División, transporte.	División celular, transporte.	Relación, excitosis, división celular.	Anaf1,diploide1,diploteno1,exocit1,fagocit1,FV2,haploides1,meiosis1,metaf1,mitosis1,nut1,plasmóisis1,prof1,rel2,rep1,sobrecruz1,telof1,transporte2,turgencial,
CONCEPs GRALES:	Ser vivo, células, vida, animal, vegetal, eucariota, procariota, información genética, organización, energía, materia, medio.	Célula, reacciones, materia, vida, seres vivos, información genética, procariotas, eucariotas, organismos.	Célula, energía, organismo, vegetales, reacciones, materia, animales.	Célula, animal, vegetal, reacciones, energía.	Seres vivos, reacciones, célula, animal, energía, vegetal, eucariota, procariota, materia.	Seres vivos, organismo, reacciones, célula, información, energía.	Célula, energía.	Variabilidad genética, vida, células, información, herencia.	Célula, energía.	Animal, célula.	Célula, animal, vegetal.	Célula, vegetal, animal, procariota, eucariota, seres vivos, vida, organización, reacciones.	Célula, entropía, energía, seres vivos, materia, reacciones, vegetal, procariotas, eucariotas.	Ani7,célula13,energía8,entropía1,eucar5,herencia1,información4,inforgenét2,materia5,medio1,organismos3,organización2,proca5,react7,sv6,vgt7,vida4.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Autosellado, autoensamblaje, plasticidad, permeabilidad, fluidez.	Antígenos, linfocitos, anticuerpos, respuesta inmune, inmunidad, vacuna, suero.	Especificidad .	Gametos, interfase, genotipos, fenotipo, homocigótico, heterocigóticos, codominancia.	-	-	Interfase	-	Fecundación.	Anticp1,antíg1,autoensabl1,autosell1,especif1,fenotipo1,fluidez1,gameto1,genotipo1,inmunidad1,interfase2,linfocito1,permeabl1,respinmune1,suero1,vacuna1.
MODELO	A	C	C	B	C	C	B	B	A/B	A	B	B/C	C	C

La idea de célula con la que Sagrario empieza el curso escolar parece atender casi exclusivamente a su estructura si observamos los elementos conceptuales que utiliza en el cuestionario inicial (18-10-96) que se le pide que cumplimente como mecanismo de obtención de información sobre su modo de pensar; en el mismo utiliza hasta con profusión conceptos organulares y algunos moleculares también, no manejando ninguno metabólico y limitándose en el terreno comportamental a la simplicidad de las funciones vitales. De lo que sí echa mano, también, es de abundantes conceptos generales que, junto con los anteriores, le permiten un grado de elaboración personal aceptable en las frases que construye, un discurso fluido y bien hilvanado y una organización bastante autónoma de la información que con esos conceptos maneja; incluso es capaz de inferir y de deducir con cierta lógica y de manifestar una cierta idea de dinamismo de esa entidad celular que no apoya, como se acaba de expresar, en los conceptos específicos que lo justifican, lo que nos lleva a que, a pesar de intuir alguna forma peculiar de actuar de esa “cosa” viva, su capacidad explicativa en estos términos es limitada. Sagrario piensa en la célula, o en muchas células, pero no es capaz de dibujarla voluntariamente o, al menos, eso es lo que se desprende de su forma de dar cuenta de la siguiente pregunta:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

“Poder, podemos hacerlo de varias maneras; normalmente al iniciar un estudio de “la célula” se suele dibujar la célula animal, en algunos casos también la vegetal; también puede ser común encontrarnos con la distinción entre eucariota y procariota, pero en realidad hay muchos tipos distintos de células, como por ejemplo: las neuronas, que son distintas de la típica célula animal.

Lo que tienen por general en común son: la membrana celular, el citoplasma donde flotan los orgánulos (como son las vacuolas, mitocondrias, centriolos, ...) Las células que poseen núcleo, contienen dentro de él los ácidos nucleicos, necesarios para transmitir la información genética”.

Como vemos, hay patrones comunes, hay diversidad pero también algo que las caracteriza a todas, pero habla de estructuras. Si tuviera que decir con la concisión de tres frases cómo funciona, respondería lo siguiente:

- *“Funciona de forma organizada.*
- *Cada parte de la célula tiene una finalidad.*
- *Todas las finalidades están relacionadas entre sí, porque le son necesarias a la célula para sobrevivir”.*

Y ante la demanda de plasmar gráficamente dicho comportamiento, “en modo explicativo” recurre a analogías que explica autónomamente pero alguna de las cuales se comentó en clase.

“En modo explicativo se podría dibujar como lo hacen en la serie de “Era una vez la vida”. Con dibujos de cada parte, suponiendo que la célula fuera como una fábrica, con sus obreros, sus directores, su centro de mandos, y los posibles infiltrados y la forma en que la célula se defendería de ellos”.

Su lenguaje y la organización de sus ideas, como se decía, no son librescos sino que muestran que en su mente esa información que ha recibido y maneja ha sufrido un procesamiento según el cual ella la hace propia; un ejemplo lo tenemos en lo siguiente:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Ser capaz de realizar las funciones vitales por sí misma. Procurarse la energía transformando la materia de la que se nutre.

Para ser físicamente una célula, por lo menos le hace falta una membrana celular, para poder contener dentro de ella todos los demás componentes”.

No usa, como ha ido quedando de manifiesto, conceptos estrictamente funcionales pero “su” célula no es sólo una estructura sino que es algo, un ente que genera y realiza procesos, que se comporta de una manera determinada, sin explicar y sin concretar, pero actúa en su mente de alguna forma, a juzgar por lo que nos dice sobre cómo cree que funciona.

“Obtiene energía o transformando los nutrientes.

Realiza las funciones vitales nutrición, relación (se relaciona con el medio que la rodea, porque de él es de donde ha de conseguir los nutrientes) reproducción, (por medio del ADN, transmite la información genética).

Todo esto está organizado, cada parte de la célula está destinada a hacer algo diferente, pero que en conjunto viene a servir para lo mismo: la supervivencia de la célula.

Recibe las órdenes desde su núcleo (si lo posee) y las proteínas son las encargadas de cumplir esas órdenes”.

Su representación mental en el momento de hacer el cuestionario es, como se decía, básicamente estructural sobre todo si atendemos a la pobreza explicativa en lo que a su funcionamiento se refiere, pero no sería justo decir que sólo da cuenta de su sustrato físico pues, si bien no articulados como conceptos, Sagrario tiene algunos elementos en la misma según los cuales esa célula también actúa y es algo más que ese simple sustrato. Esos conceptos comportamentales, es decir, los que suponen los procesos celulares son los que esta alumna tendrá que construir para que su modelo sea más explicativo y más predictivo y eso es lo que parece ocurrir en el examen de Origen de la Vida (18-11-96) en el que esta joven incorpora metabolismo, turgencia, plasmólisis, o sea, formas de actuar y de procesar características de la materia viva; llama la atención, sin embargo, un detalle “a priori” curioso pues en esta ocasión, muy al contrario del anterior registro, Sagrario utiliza muy pocos conceptos organulares y, de nuevo, lo que sí que hace es usar abundantes conceptos generales. En todo caso, aquella primera célula sólo estructural en la que ella intuía una cierta forma de comportarse ahora parece ser en su cabeza un todo organizado, una estructura que se caracteriza básicamente por los procesos metabólicos que lleva a cabo que son los que la mantienen con vida. Veamos cómo la explica.

“Es el ser vivo más pequeño y “sencillo” de todos, es capaz de permanecer con vida independientemente, gracias a que en ella se dan todos los procesos bioquímicos, como el metabolismo. Es la unidad morfológica de los seres vivos, ya que todos, están formados por una o más células; posee también la información genética que se hereda, generación tras generación, lo que quiere decir que todas las células proceden de otras células ya existentes”.

Su poder explicativo, como vemos, es mayor, pero también ha aumentado, consecuentemente, su poder predictivo en la medida en que tiene en su mente una representación, un modelo mental que al ser analógicamente más fiel a la entidad que representa, la dota de una mayor comprensión al respecto permitiéndole, por ejemplo, anticipar y razonar válidamente, como se muestra ante la siguiente situación problemática que se le plantea a Sagrario:

- Cuando se produce congestión nasal (por ejemplo, por gripes o catarros) resulta beneficioso hacer lavados de nariz con agua de mar. De hecho, se está comercializando un producto farmacéutico, cuya composición es agua de mar isotónica y estéril, para la limpieza nasal. El tratamiento con este producto produce descongestión.

- ¿Qué explicación le puedes dar a esta mejoría ? ¿Tiene algún fundamento biológico ?

“Explicación: al hacer los lavados de nariz con agua de mar, resulta evidente que la concentración de sales en las células nasales, será menor que en el agua de mar. Por tanto, las células tenderán a regular dichas concentraciones, para lo que expulsan líquido, que supuestamente disolverá las mucosidades que estén obstruyendo las fosas nasales. En caso de que la congestión nasal se dé a causa de que las células estén hinchadas, también soltarían el líquido y entonces se desobstruirían las fosas nasales”.

Como puede observarse, la explicación es coherente y supone adelantar comportamientos, si bien es cierto que no aplica directamente el concepto ósmosis en el que este fenómeno se basa ni lo explica con toda la corrección biológica que el mismo supone. Ante el examen de Glúcidos que hace Sagrario (9-12-96) surge una cierta perplejidad. Elabora personalmente sus frases, no respondiendo a patrones libresco, y las organiza y estructura en forma de un discurso coherente y autónomo, como autónoma es también la forma de manejar la información; sus deducciones y sus inferencias son elaboradas y junto con esto vemos que utiliza, además de conceptos generales, abundantes conceptos metabólicos y estructurales (tanto organulares como moleculares). Lo anterior nos lleva a concluir que Sagrario ha ejecutado un modelo mental global, integrado, de célula, un modelo C que es suficientemente explicativo y predictivo, un modelo que la ha dotado de comprensión en la medida en que, como ya se expresó, es un análogo fiel de la entidad que representa. En este sentido, cabe pensar que efectivamente se han entendido los procesos metabólicos que suponen el procesamiento de la materia y la energía en una célula, una idea que Sagrario comenzó a incorporar ya en el ejercicio anterior, y a juzgar por lo que responde, no parece que sea éste en caso; veamos un ejemplo.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?
- *“Un microorganismo anaerobio facultativo no las utiliza, porque las fermentaciones son mucho menos rentables que otros procesos como la glucólisis. (En la fermentación se obtienen dos ATP, y en la glucólisis unos treinta y ocho ATP).*
- *Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo porque ello se refiere a la síntesis de materia orgánica aprovechable para el individuo a partir de:*
 - *materia inorgánica, como hacen los vegetales (catabolismo autótrofo).*
 - *Materia orgánica, como hacen los animales, ya que no son capaces de fabricar materia orgánica a partir de inorgánica (catabolismo heterótrofo).*
- *No se puede afirmar que las células vegetales no respiren y sólo lleven a cabo la fotosíntesis. Dentro de la fotosíntesis, hay dos fases: la fotoquímica y la biosintética. En la fase biosintética (en ausencia de luz) las células vegetales realizan un proceso similar al de las animales. Por eso no se puede decir que no respiren y realicen la fotosíntesis, ya que una de las fases de la fotosíntesis conlleva la respiración.*
- *Una célula sí podría funcionar como tal sin la presencia de glúcidos, (aportados del exterior) ya que en el aparato de Golgi, se produce la glucosilación de lípidos, con lo cual ya tendrían los que le hagan falta.*

Si la pregunta se refiere a no poder obtener glúcidos de ningún modo, entonces no podría, porque toda la energía que se libera en la célula en forma de ATP, se hace por medio de procesos degradativos de los glúcidos”.

Justo es reconocer que todo este nuevo complejo contenido que supone una gran cantidad de relaciones e interacciones (recuérdese que los procesos metabólicos son formalmente principios desde el punto de vista de las categorías del contenido) se estudia con rigor por primera vez en este momento y, aunque sean evidentes los errores, lo es, también, su capacidad explicativa, su poder de generar explicaciones que siguen su cierta lógica, como podemos observar, por ejemplo, en el último apartado. Sagrario ha construido un modelo mental de la célula que efectivamente es global, que trabaja con elementos que son conceptuales y que se refieren a esos procesos que representan, lo que ocurre es que el significado que les ha atribuido no es el que la ciencia establece para los mismos, de modo que necesariamente tendrá que producirse una reestructuración y reasignación de significados para que su modelo mental integral sea igualmente explicativo y predictivo pero, además, científicamente aceptado. Y decíamos que su modelo mental, aún no siendo válido en términos biológicos, la dotaba de capacidad predictiva, al rotarlo le facilitaba el seguimiento de razonamientos válidos en términos biológicos; de ello este examen tiene un buen ejemplo.

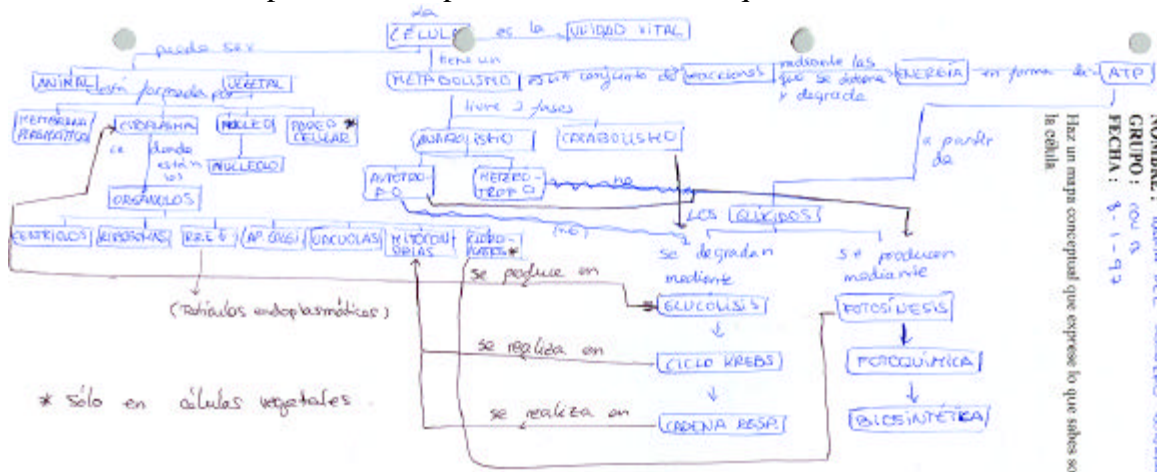
- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Las apetencias por alimentos o nutrientes dulces puede(n) ser debida(s) a que sus células han de obtener doble energía ya que luego han de formar más materia orgánica que pasará a formar parte del organismo; y como la ovulación es un “aviso” de un posible nuevo ser el organismo empezará a prepararse demandando más glúcidos. También puede ser porque en la fase de ovulación, el endometrio engrosa su pared y la “acomoda” para albergar al óvulo, lo que también supondría un gasto energético, ya que para realizar esa “acomodación” realiza un gasto energético, al margen de lo cotidiano, es decir, que como es una vez cada cierto tiempo y no lo hace todos los días, supone un gasto energético fuera de lo normal”.

Esas dificultades, esos problemas que hemos visto que tiene Sagrario con el modelo mental que ha generado la llevan a reestructurarlo, a revisarlo, una vez que para ella son evidentes (al ser corregidos los exámenes, se entregan al alumnado para su contrastación). En ese proceso, ante la demanda de volver atrás y plasmar lo que se sabe sobre la estructura y el funcionamiento de una célula a través de un mapa conceptual (8-1-97), Sagrario ejecuta un modelo diferente; para ella fue necesario, como se decía, reasignar significados y así lo advirtió, y ante esta nueva tarea cognitiva parece haber generado una representación que atiende a la estructura celular por un lado y a su funcionamiento por otro, o sea, un modelo mental dual. ¿En qué se apoya esta deducción? Sagrario efectivamente utiliza muchos conceptos organulares y metabólicos pero esta selección es arbitraria incluyendo incluso adjetivos y alguna frase; usa para unirlos nexos muy simples que lógicamente informan muy poco sobre los sentidos o significados que le atribuye a dichos conceptos y, como es previsible, dan como resultado proposiciones que son poco significativas desde el punto de vista biológico. Además, lleva cabo una débil jerarquización de todos esos abundantes conceptos que ha escogido. En ese proceso de reasignación de significados que sigue su mente para dotar de sentido biológico a las etiquetas que identifican y representan a los procesos

celulares, metabólicos básicamente, esta joven para esta ocasión lo que hace es simplemente delimitar su ubicación y la explicación que hace del mapa que ha elaborado lo confirma. De este modo, nos encontramos con un producto que nos está comunicando un funcionamiento-suma según el cual cada cosa hace un proceso, pero no hay una idea global de esa célula que en la realidad, -en el mundo real-, es un todo. Veamos el mapa que esta alumna presentó.

Este proceso de reestructuración cognitiva tiene sus frutos; cuando Sagrario hace el examen de Lípidos (26-2-97) exterioriza una idea de célula que vuelve a ser global, única, una “cosa” que “actúa” siendo ambos elementos los que la definen y comenzando su caracterización precisamente por el funcionamiento que la dota de vida.



“Es la unidad vital y morfológica de todos los seres vivos. En ella se produce una serie de reacciones químicas que en conjunto reciben el nombre de metabolismo, las cuales le permiten a ella (a la célula) autosubsistir, siempre y cuando tenga el aporte necesario de nutrientes, si es de tipo animal (heterótrofa) o de materia inorgánica (CO_2 , H_2O , sales minerales, O_2) y energía lumínica si es de tipo vegetal (autótrofa).

Hay dos tipos principales de células, la eucariota (las vegetales y animales pertenecen a este tipo) y la procariota.

La eucariota consta de un núcleo diferenciado, una membrana plasmática y un citoplasma que contiene orgánulos (grosso modo); la procariota no posee núcleo diferenciado y tampoco los mismos orgánulos que la eucariota.

Está compuesta químicamente por los principios inmediatos orgánicos proteínas, lípidos, y glúcidos y algunos principios inmediatos inorgánicos como agua y sales minerales, aunque también tiene algunos metales en muy poca cantidad (algunos oligoelementos)”.

Como sustrato de lo que acabamos de leer, en el fondo, en la base de su estructura cognitiva, Sagrario tiene un modelo mental que es explicativo y que es predictivo, una representación en la que dispone de los elementos necesarios y suficientes como para modelar analógicamente la célula que representa y a la que se enfrenta, una entidad que hace reacciones y metabolismo para mantenerse como tal; esta joven dispone en su cabeza de los conceptos que le permiten comprender que eso sea así porque ha construido esos elementos, esos conceptos que así se lo permiten. Ha adquirido comprensión porque su modelo tiene más elementos que puede aplicar indistintamente y con fluidez, ha adquirido entendimiento sobre aquello de lo que habla porque puede revisar su conocimiento y extraer de “sus archivos” aquello que requiere en sus explicaciones aplicándolo también con comodidad y acierto; esa revisión hacia atrás, “recursiva”, la dota no sólo de poder explicativo sino también de poder predictivo, de manera que le permite deducir con lógica biológica y anticipar comportamientos y eso es lo que hace en lo que se muestra en el siguiente dato, recuperando espléndidamente las propiedades de los lípidos ante una situación nueva.

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.

“Yo creo que sí, porque si los lípidos tienen función estructural pueden estar en la piel; si confieren a las membranas plasticidad y fluidez, pueden actuar de modo similar en las células de la piel, porque al fin y al cabo son células y entonces tendrán membranas. Si las células de la piel están faltas de dichas sustancias y las cremas se las proporcionan, pueden recobrar el aspecto que tenían anteriormente (rejuvenecimiento de la piel)”.

Cuando Sagrario hace el examen de Proteínas (14-3-97) se observa que usa profusamente conceptos organulares y moleculares, recurriendo de manera bastante más limitada a conceptos comportamentales; en todo caso, con ellos exterioriza una concepción de célula que de nuevo parece ser única, global, una célula que actúa, si bien es cierto que cuando se le pide que explique qué le ocurriría a una célula, tanto estructural como funcionalmente, si no existieran los enzimas, no da cuenta de consecuencias estructurales nombrando, no obstante, algunos orgánulos, lo que quiere decir que, cuanto menos como elementos, los tiene presentes en su representación.

“Si no existieran los enzimas, el funcionamiento celular se volvería caótico, podría hasta producirse la muerte.

Muchos componentes de la célula (como los lisosomas) vierten sus enzimas en el citoplasma para llevar a cabo diferentes procesos, como por ejemplo la fagocitosis”.

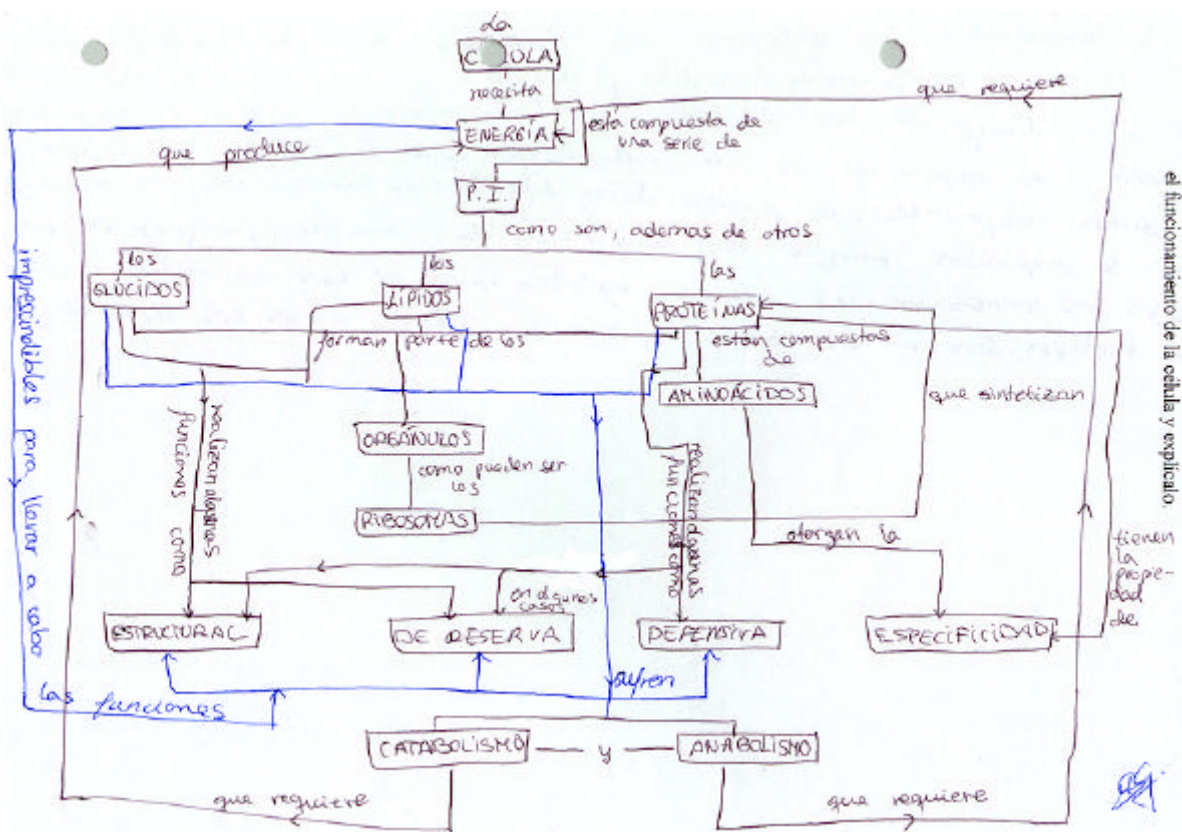
Se observa en todo el ejercicio un lenguaje personal, elaborado, un discurso bien estructurado que resulta fluido, relacionando adecuadamente sus diferentes párrafos y organizando autónomamente la información a la que recurre para dar respuesta a lo que se le pide. Sagrario demuestra con ello tener o haber desarrollado capacidad explicativa con respecto a la célula que estudia, un poder que emana de la comprensión que ha adquirido y generado sobre la misma, pero también, y como consecuencia de ello, ha adquirido un mejor y mayor modo de razonar en términos biológicos, un mayor poder predictivo, en definitiva; lo siguiente nos sirve como dato de lo comentado.

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ...). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 ° ; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
 - ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
 - Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
 - Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.
- *“En las células, los mecanismos encargados de resolver este problema son los enzimas (de naturaleza proteica) que pueden actuar solos o con cofactores (que pueden ser iones metálicos). Ellos son los encargados de aportar la energía de activación necesaria para que pueda producirse tal reacción, sin necesidad de elevar la temperatura a 200°C.*
- *Hipótesis:*

En cada célula hay enzimas específicos encargados de crear las condiciones necesarias para llevar a cabo la combustión de la glucosa. En lugar de elevar la temperatura, aportan la energía necesaria para que se dé lugar la reacción.

- Para comprobar la hipótesis:
 - Aislaría una célula en el laboratorio y le suministraría glucosa, para ver de qué modo la degrada, si observo que, para producir la reacción utiliza los enzimas que debe tener en su interior, me parece a mi que se demostraría la hipótesis.
 - No sé si es posible, pero si fuera, a la misma célula, o a otra diferente, no importa (creo) intentaría de algún modo sustraerle los enzimas (lo cual al estar aislada no supondría pérdidas estructurales, ni de defensa, para fagocitar, etc) y al suministrarle la glucosa, observaría que la célula no es capaz de degradarla, porque sin la energía de activación que aporta el complejo E-S no se puede dar, y si se aumenta la temperatura a 200°C, ardería”.

En el segundo mapa conceptual que se solicita para expresar el conocimiento adquirido sobre la estructura y el funcionamiento celular (2-4-97) se limita el número de conceptos a quince. La selección que lleva a cabo Sagrario es arbitraria en la medida en que incorpora, por ejemplo, adjetivos; las relaciones que establece con ellos son bastante simples aunque menos que en el mapa anterior, observándose como resultado proposiciones que dan o comunican más significado desde el punto de vista biológico. En su explicación del mapa, justifica la jerarquización que ha establecido y, por lo que se ve, es autónoma en lo que al proceso mental que ha seguido se refiere, pero el producto manifiesta una jerarquía libresco, una forma tradicional de organizar el contenido en función de los niveles de organización de la materia viva. Si bien es cierto que parece trabajar nuevamente con elementos por un lado (sean moleculares u organulares) y procesos por otro, es decir, con un modelo dual, se observan indicios de intentos de integración de ambos aspectos a través de los nexos que ha definido. Veamos tanto el mapa como su explicación como registros en los que se apoyan las interpretaciones precedentes.



“He puesto las funciones que más importantes o más características me han parecido teniendo en cuenta la limitación de los conceptos. La especificidad a pesar de ser una propiedad la he puesto a la misma altura que las funciones porque me pareció que podría tener la misma importancia. Puesto que la especificidad depende de los aminoácidos que componen las proteínas, y las proteínas estaban más arriba, he puesto los aminoácidos debajo de ellas y encima de la especificidad. Los orgánulos están debajo de los glúcidos, lípidos y proteínas porque he considerado más importantes los componentes de estas estructuras que las estructuras mismas, ya que sin dichos componentes, no pueden darse tales estructuras. No he especificado todos los tipos de orgánulos porque hay limitación de conceptos, aparte de que no son todos los mismos en las células vegetales que en las animales y supondría que también debería de hacer distinción entre estos dos tipos de célula”.

Ante el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) que hace esta estudiante se detectan algunos detalles de interés; en esta ocasión el uso que hace de la información es memorístico, no es más que repetición mecánica de la información que recuerda y regurgita sin procesamiento personal alguno. No parece tener en este momento en su mente una célula actuando, no da signos de haberla modelado como en ocasiones anteriores y, al trabajar con una representación más pobre, menos explicativa en términos biológicos, sus razonamientos científicos también son más limitados. Al dar cuenta del papel de los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento de una célula, Sagrario no ejecuta sino su submodelo funcional, no respondiendo nada relativo a su estructura, es decir, operó mentalmente en esta ocasión con un modelo mental dual como sustrato de lo que hizo y nos comunica con el ejercicio. Sí que utiliza un orgánulo -el núcleo- exteriorizando el papel que le asigna a través de una analogía.

“Depende en una gran medida porque: los ácidos nucleicos, concretamente el ADN es el que “almacena” la información necesaria para la herencia genética y el ARN lo “ayuda en su cometido”; también son los que sintetizan proteínas (ARN), y los que rigen todo el control de la célula, porque están en el núcleo, y éste, es el “cerebro” de la célula”.

¿Y qué pasa cuando interpreta el símil que se le presenta de una célula con la intención de que explique en qué medida es fiel a la misma en el mundo real (12-5-97)? Ante esto cabe una duda razonable pues Sagrario no recurre a ningún concepto funcional en esta ocasión, no los usa, presentándonos un conjunto de frases personales, eso sí, pero sin ninguna articulación entre ellas, ¡no hay discurso!; se apoya convenientemente en la información que le ofrecen las viñetas para establecer una relación de orgánulos a los que les asigna un papel biológico o función a través de los verbos que usa dando como resultado una idea de funcionamiento-suma. Pero he aquí el problema: podríamos pensar que sólo pone en su cabeza una estructura si atendemos a que no hay un solo concepto comportamental pero, también, podemos admitir que su modelo es dual, es decir, que piensa en estructuras por un lado y en procesos por otro porque, de lo contrario, no podría exteriorizar un funcionamiento-suma y que, conceptualmente, ejecutó sólo su subesquema estructural. Quizás sea ésta la explicación más lógica porque si sólo tiene en su mente un modelo estructural, no tiene la capacidad de delimitar nada relativo a su comportamiento. Veamos esa interpretación.

“La membrana que está representada por la muralla, refleja la estructura la puerta son los canales (proteínas intermembranales).

Los lisosomas que aparecen como “picapedreros” o algo así, son los que “destruyen” lo que no sirve.

El núcleo está representado por una gran computadora, es el centro de regulación de la célula, de donde salen todas las órdenes.

La mitocondria, que aparece como una fábrica: en ella se obtiene energía,

La vacuola digestiva es la que ingiere los desechos.

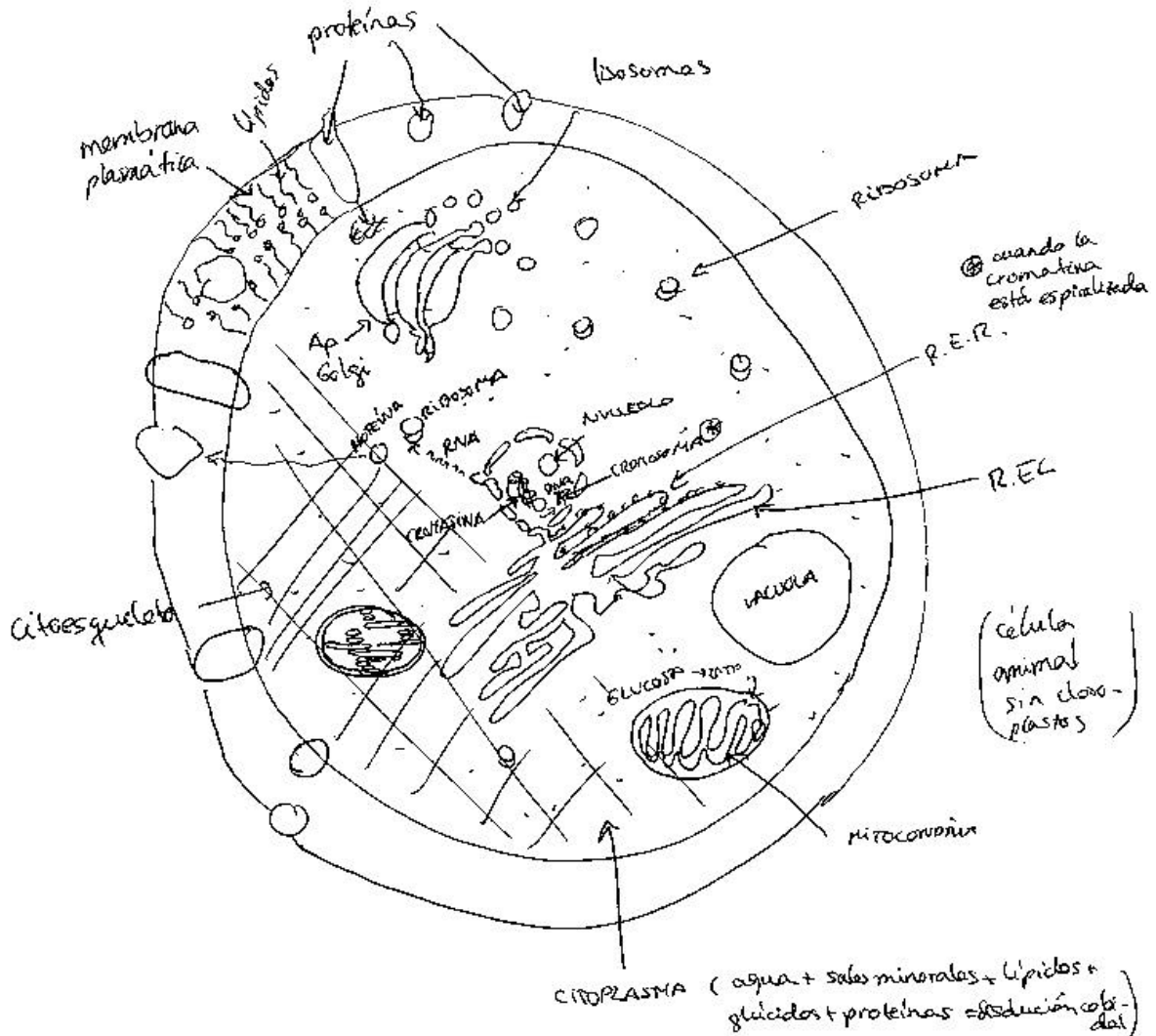
Los ribosomas y el retículo endoplasmático rugoso son los científicos encargados de asegurarse de la correcta disposición del ARN que sale del núcleo.

En la vacuola de almacenamiento se guardan reservas para ser utilizadas cuando la célula lo requiera y las ponen en un camión para que cuando haya escasez en otro sitio, sean transportadas allí.

El retículo endoplasmático liso es quien lleva las proteínas o yo qué sé, a la vacuola de almacenamiento.

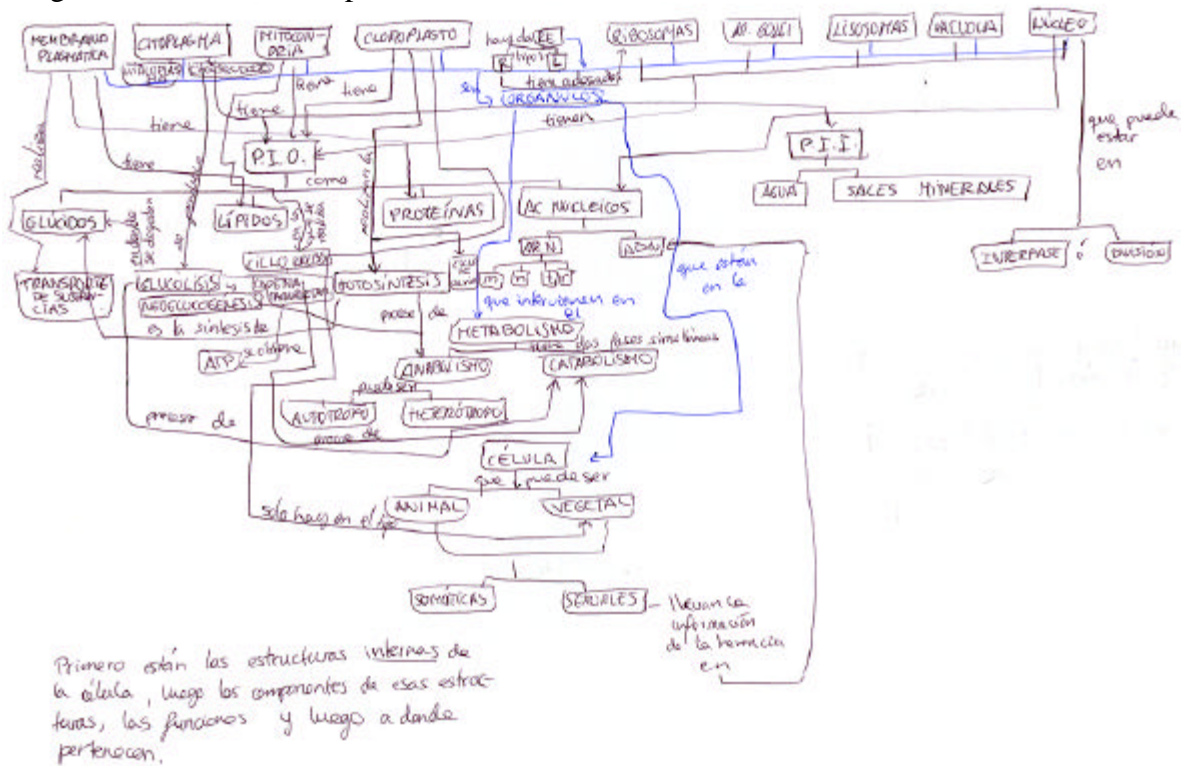
Después de un examen no se está muy cuerdo, y tampoco me acuerdo”.

¿Puede ser ese cansancio que acusa Sagrario lo que justifique su representación? ¿Está trabajando sólo de memoria y sin comprensión alguna al respecto? ¿Está pensando efectivamente en una simple estructura celular? Cuando se le pide un dibujo para plasmar tanto la estructura como el funcionamiento celular (16-5-97) esta alumna hace un diseño personal en la medida en que refleja, por ejemplo, citoesqueleto, que no ha sido habitual considerar, y un fragmento de membrana en el que representa su ultraestructura. Pero su diseño, de resto, es libresco, prototípico, y en él lo que hace Sagrario es simplemente identificación estructural. Ante su observación no cabe duda de que sólo pensó en su vertiente física, en su simple estructura, no incorporando nada que dé alguna información sobre su peculiar forma de actuar.

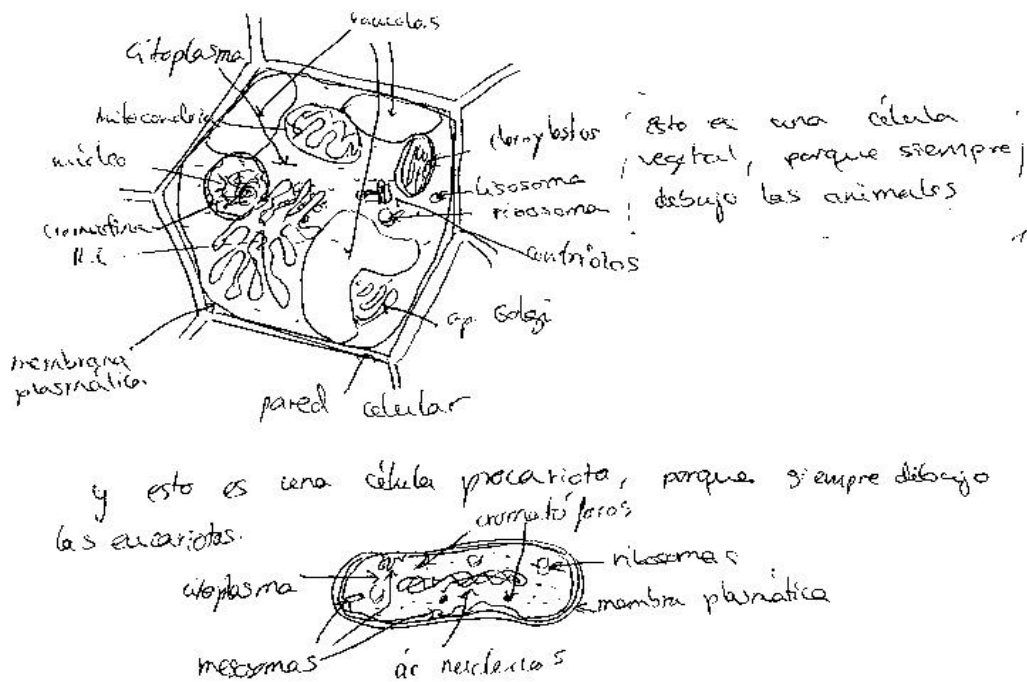


El tercer mapa conceptual que se solicita con la misma finalidad que los anteriores (19-5-97) vuelve a ser abierto y libre en lo que a la selección conceptual se refiere. Otra vez la elección que lleva a cabo Sagrario es arbitraria, un abundante conjunto de conceptos que se unen con relaciones simples y que, como consecuencia, dan lugar a

proposiciones con poco significado biológico; no existe jerarquía alguna y lo que nos encontramos manifiesta un cierto caos. Este mapa responde también a una relación de elementos por un lado y a lo que éstos hacen por otro, o sea, un funcionamiento-suma característico de un modelo mental dual de la célula, no observándose indicio alguno de integración entre ambos aspectos.



El cuestionario final (28-5-97) ofrece algunos elementos interesantes sobre todo si tenemos en cuenta que, al ser igual, nos permite comparar con el inicial. Una primera diferencia la vemos ante la exigencia de representar una célula y de dibujarla; en aquella primera ocasión, Sagrario no hizo tal diseño y lo que sí nos brindó es una explicación que incorporaba como detalle más llamativo la diversidad celular. Ahora insiste en la misma pero además dibuja.



¿Y qué pasa con su funcionamiento? ¡porque aquí no vemos más que estructuras!

- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona (una célula y sólo con tres frases)?
- “<<Funciona como una fábrica>>.”
- *Tiene una organización y una estructuración adecuadas a sus necesidades.*
- *Cada parte tiene una función determinada, pero están todas relacionadas entre sí: hay procesos que comienzan en un lugar y luego transcurren en otro”.*
- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?

“No sé cómo se dibuja el funcionamiento de la célula, no lo he sabido hasta ahora, que yo recuerde. Puedo saber dibujar las distintas partes que tiene y explicar para qué sirve cada una, pero no puedo dibujar como funciona”.

¿No se deriva de lo anterior un funcionamiento-suma de la célula? Esta joven ha desarrollado un lenguaje personal, construye autónomamente sus frases, pero siguen siendo párrafos aislados sin conexión, sin discurso. Veamos un ejemplo.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“A la célula, para serlo le hace falta tener una membrana plasmática, unos ácidos nucleicos y un mecanismo (en llamada de atención aparte: mecanismo o proceso más concretamente) de división celular; de forma generalizada.

Por la membrana se ha de producir el transporte de sustancias tanto hacia dentro como hacia fuera. Los ácidos nucleicos son los que dirigen el proceso de duplicación, ayudados de algunos orgánulos como los ribosomas”.

Cierto es que sin organizar las ideas como para plasmarlas en un discurso hilvanado, pero en lo anterior nos encontramos con un modo de pensar, a juzgar por lo que escribe, que parece incorporar indistinta y conjuntamente aspectos estructurales y funcionales. ¿No cabría, pues, que también ante este registro en su conjunto dudáramos? Tenemos indicios en el mismo de un modelo mental dual, por una parte, o integrado, por otra. Y esta duda parece decantarse hacia un modelo único de célula, causal, hacia la capacidad de que Sagrario modele en su cabeza, cuando piensa en la célula, una entidad, un sustrato que incorpora sus elementos estructurales pero que, fundamentalmente, actúa de una forma peculiar; de ello también nos encontramos algunos indicios en la entrevista que se le hace al acabar el curso (12-6-97). Cuando se le pregunta, visualiza la célula del siguiente modo:

ML : ¡ya ! ¿Célula qué imagen te sugiere ?

Sagrario : ..., ... una célula.

ML : pero describemela ... ¿qué ves ?

Sagrario : ¿que qué veo ? un núcleo.

ML : ves un núcleo.

Sagrario : con los retículo endoplasmático.

ML : sí.

Sagrario : ¡mmm ! aparato de Golgi, las mitocondrias, y los lisosomas, y los cloroplastos y todo eso metido dentro.

ML : es una imagen fija, estática.

Sagrario : nnnnnno porque ... se, se mueve dentro ¿no ? hay un trasiego ahí de por ejemplo, de el retículo endoplasmático al aparato de Golgi y además tampoco tiene que ser siempre la misma célula, puede ser unaaa ... vegetal que tiene vacuolas mayores o yo qué sé [...].

ML : pero tú dime lo que estás viendo.

Sagrario : *eso.*

ML : está viendo eso, ¿algo que se mueve dentro ?

Sagrario : ... ¡tch ! se supone porque estáticamente nooo

ML : no, vuelvo a lo mismo : descríbeme la imagen que estás viendo.

Sagrario : *sí, yo veo como que se mueve.*

ML : como que se mueve ; ¿qué es lo que se mueve ?

Sagrario : ..., ..., ..., *a ver cómo te lo digo ... ¡eeehhh ! ... se mueve la ... lo que hay dentro de la célula, los orgánulos [...].*

Su célula es una entidad viva, en movimiento, en acción, no sólo los orgánulos que constituyen su estructura. Al enseñarle una foto de microscopía electrónica, lo que ve no se parece mucho a esta visión que ella tiene en su mente porque lo que se le muestra es estático, es más difuso y porque:

Sagrario : ..., ... *mi modelo sería algo más como un esquema que ... real.*

Con el modelo que ha generado puede deducir, puede inferir y razonar aplicando el contenido trabajado a lo largo del curso porque puede rescatarlo en el momento en el que lo necesita.

Sagrario : ¡mmm ! *esto podría ser un cloroplasto ... porque tiene la ... forma, no la forma es ... todo pero ..., ... ¡tch ! sí porque tiene esta raya así*

ML : ¿las rayas ?

Sagrario : *horizontales.*

ML : horizontales. ... Sigue.

Sagrario : ..., ..., ... *esto no sé, esto podría ser un lisosoma porque ... tiene una membrana sola y está ahí ... chiquitito.*

Pero toda la nueva información que ha incorporado, todo el nuevo contenido que ha trabajado, que se centra en el funcionamiento celular, ha supuesto para Sagrario un alto grado de indeterminación que ha dificultado su modelización.

ML : a estructuras. Pues entonces, vamos a ver ; yo quiero que ahora me digas qué modelo tienes cuando yo te pregunto cómo funciona una célula. ... ¿Tienes algún modelo gráfico en la mente en este momento ?

Sagrario : ..., ... *a mí es que eso me pone*

ML : ¿a ti eso es que te pone ?

Sagrario : *mal.*

ML : ¿mal por qué ?

Sagrario : *porque nuncaaa tenía ningún modelo exacto para, por ejemplo, funcionamiento ; yo sé que hayyy ... movimiento y trasiego de partículas dentro de la célula y eso pero cómo vas a dibujar eso.*

ML : yo no te he pedido que me lo dibujes .

Sagrario : *sí pero es que.*

ML : te he pedido que me digas : ¿tienes en la mente en este momento algún modelo que atiende a cómo funciona una célula ?

Sagrario : *no.*

Indeterminaciones y problemas que esta alumna ha intentado procesar mentalmente y que en alguna medida ha conseguido porque le han permitido concebir una célula muy diferente a aquella con la que empezó el curso, una célula que se caracteriza por la forma de comportarse, una célula que no es sólo un puzzle de piezas sino que esas piezas son así por algo y para algo, responden de alguna manera a relaciones causa/efecto.

Sagrario : *me sorprendía, por ejemplo, que ... ¡tch ! muchos años también habíamos estudiado la célula pero no de la misma manera, entonces ... te das cuenta deee porque cuando ... eeennn, en el colegio, bueno en 3º decían esto es una mitocondria y esto es un*

cloroplasto pero nunca sabía para lo que, para lo ... ¡tch ! para lo que servía niii por qué era así ... ni quéee tenía que ver que, por ejemplo, las células procariotas no tuvieran ... mitocondria o las eucariotas sí.

ML : ¡aja ! Quieres decir, entonces, que ha habido un cambio.

Sagrario : sí.

ML : ¿ha evolucionado tu forma de entender la célula ?

Sagrario : sí.

ML : entonces ha evolucionado tu modelo de la célula ?

Sagrario : ... sí.

ML : ¿sí ? ¿en qué sentido ?

Sagrario : ¡tch ! antes veía una cosa muy estática, puede ser pues esto es como si fuera un ... un puzzle o un cuadro, tú pones esta pieza va aquí, ésta va aquí, ésta así y ya está, pero nooo sabía ni porque niii por qué tenía que estar así ni nada.

ML : ¿y ahora ?

Sagrario : ¡mmm ! ahora se supone queee ... sabes por qué las mitocondrias tienen, por ejemplo, las, la matriz mitocondrial por qué la tienen replegada que es para .

Parece, pues, justificado y no descabellado concluir que Sagrario en este momento tiene un modelo mental de célula, una representación de la misma, global, único, una idea integrada de elementos y funciones, de estructuras y procesos, un conjunto de “tokens” que tienen una serie de características y propiedades que se relacionan e interaccionan entre sí dando como resultado la causalidad que define y caracteriza a la célula como ente vivo. Esta alumna parece haber aprehendido la célula como mundo real, su complejidad inherente, a través del modelo mental también complejo que ha construido al efecto como intermediario para poder conseguirlo y, con ello, ha logrado desarrollar, construyendo los elementos conceptuales necesarios y suficientes para ello, una comprensión aceptable que le permite y la dota de poder explicativo y predictivo al efecto. Un modelo mental éste con el que acaba Sagrario el curso que es causal pero que no fue así durante todo él sino que sufrió reestructuraciones y cambios a medida que trabajaba y procesaba el nuevo contenido que se le aportaba, un modelo que evolucionó precisamente llevando a cabo revisiones que le posibilitaran explicaciones más convincentes y más consistentes, que la dotaran de una mayor comprensión. Sagrario ha generado análogos estructurales a lo largo del curso que, como ha quedado de manifiesto, son más simples que la propia realidad que representan, pero que a ella le han resultado imprescindibles para comprenderla, funcionales, y en ese proceso lo ha logrado terminando, como se decía, con un modelo global suficientemente explicativo y predictivo para ella, como es el que se ha tipificado como modelo mental C.

ANEXO N° 34:

PASTOR

NOMBRE: Pastor

CURSO: COU B

FECHA: 25-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, vida, nutrientes, orgánulos, ser vivo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, retículo endoplasmático rugoso, eucariota, animal, aparato de Golgi, cromatina, lisosoma, proteínas, núcleo, mitocondria, ARN mensajero, vacuola, membrana, material genético, información, lípidos, ribosomas, enzimas, citoplasma, funciones vitales, ATP.	Célula, vida, funciones vitales, entropía, reproducción, relación, nutrición, anabolismo, catabolismo, materia, síntesis, ruptura, principios inmediatos, energía, orgánulos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, glúcidos, membrana plasmática, metabolismo, aparato de Golgi, vacuolas, núcleo, mitocondria, cloroplasto, retículo endoplasmático, lisosoma, sales minerales.	Funciones vitales, entropía, reproducción, relación, nutrición, célula, energía, metabolismo, ser vivo, vida, principios inmediatos, mitosis, meiosis, lípido, glúcidos, cilios, flagelos, enzimas, orgánulos, mitocondrias, núcleo, vacuola, cloroplasto, membrana plasmática, retículo endoplasmático, tilacoides, grana, β -oxidación, agua.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal (Ej: preg. 3)	De libro	De libro (Ej: asociación de palabras e imágenes)
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Simple y pobre	Simple y pobre (frases sueltas sin terminar, sin hilo conductor)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica (Ej: pág. 9 A)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (2º y 3º) No uso (1º)	Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: un dulcito. • Proteína: un musculitos. • Lípido: grasa, michelines. • Energía: explosión. • Entropía: desorden espacial. • Célula: célula redondita por fuera. • Catabolismo: estructura espacial de cualquier molécula. • Meiosis: dibujos de libros. • Anabolismo: fórmula estructural de la glucosa. • Nutrición: un sandwich. • Relación: paso a través de membrana.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres (Ej: preg. 6: hay pero pobres)	No establecimiento (¡ojo! Su imagen de célula fue exterior; no le sirve para interpretar lo que está dentro ¡¡!!)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	No se detectan	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- No interpretación en una imagen de célula global de los distintos elementos que se nombran ¡y son 12!. Sólo en célula hace referencia a la misma.
- Su imagen no se parece a ésta (foto M.E.); ¡luego hay imagen!. Él habló de que la veía por fuera y esto lo confirma -es coherente con lo que ya dijo.
- Para interpretar necesita un elemento de referencia concreto de libro.
- No hay modelo de funcionamiento; describe -mecánicamente- la organización del curso y, al final, dice: "no lo veo claro ...".

NOMBRE: Pastor

CURSO: COU B

FECHA: 25-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, nutrición, relación, reproducción, membrana, mitosis, meiosis, semipermeable, pinocitosis, fagocitosis, nutrientes, medio interno, medio externo, órganos estructurales, orgánulos, citoesqueleto, citoplasma, estructuración, ósmosis, cloroplasto, ribosoma, vacuola, retículo endoplasmático, núcleo, mitocondria, metabolismo, catabolismo, anabolismo, forma, enlaces, romper, principios inmediatos orgánicos, carbono, oxígeno, nitrógeno, lípidos, glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos, energía.	Célula, proteínas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, metabolismo, anabolismo, catabolismo, enlaces, energía, orgánulos, relación, reproducción, nutrición, entropía.	Procariota, eucariota, célula, principios inmediatos orgánicos, H ₂ O y sales minerales, C, H, O, ácidos, nucleicos, proteínas, glúcidos, lípidos, vacuola, mitocondria, cloroplasto, núcleo, membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosoma (ribo), lisosoma (liso), membrana, reserva, respiración celular, respiración, control, traducción, transporte-protección, síntesis, información (info) genética, energía.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: romper, semipermeable -adjetivo, estructuración)	Adecuada y consistente	Arbitraria (Ej: H ₂ O y sales minerales, transporte-protección, C, H, O) (aunque menos que en el 1º)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples (Ej: "gracias a", "que son")	Explicativas	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas (Ej: célula -debido al- metabolismo; sin significado)	Significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Coherente	Débil	De libro (bioquímica, citología, metabolismo)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
		La explicación es bastante interesante: justificación y buena argumentación, con hilo conductor claro.	

NOMBRE: Pastor

CURSO: COU B

FECHA: 25-2-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, transporte, lisosomas, energía, enzimas, núcleo, célula, retículo endoplasmático liso, proteínas, retículo endoplasmático rugoso, ARN mensajero, vacuola, anabolismo, mitocondria.	Energía, reacciones, célula, información, reproducción, agua, seres vivos, nutrientes, vegetales, transporte, vida, ósmosis, membrana, relación, nutrición, entropía, núcleo, orgánulos, organismo, animal, turgencia, información genética.	Reacciones, catabolismo, materia, anabolismo, glúcidos, respiración, energía, células, vegetales, fotosíntesis, glucólisis, mitocondria, citoplasma, ciclo de Krebs, matriz mitocondrial, nutrientes, monosacáridos, organismo, ATP.	Célula, seres vivos, nutrición, reproducción, relación, membrana, catabolismo, glúcidos, citosol, mitocondria, enzimas, ciclo de Krebs, aparato de Golgi, orgánulo, retículo endoplasmático, dictiosomas, lisosomas, lípidos, agua, β -oxidación, ribosomas, vesículas, síntesis, retículo endoplasmático liso, medio, ácidos grasos.	Proteínas, membranas, célula, orgánulos, endomembranas, solubilidad, agua, especificidad, energía, transporte, enzimas, reacción, organismo, aminoácidos, ciclo de Krebs, descarboxilación, transaminación, desaminación, holoenzima, heteroenzima, reacciones metabólicas, biocatalizadores, información genética, ADN, ARN, ácidos nucleicos, núcleo, información, ribosoma, síntesis proteica, inmunidad, anticuerpos, respuesta inmune, antígeno, sueros, inhibidor, linfocitos, sistema inmunitario, glúcidos, ARN transferente, ARN mensajero, combustión.	Mutación, información genética, poliploidía, euploidía, cromosomas, genes, cromátidas, metafase, meiosis, haploide, reproducción, seres vivos, herencia, sexo, ácidos nucleicos, ADN, nucleósidos, ARN, nucleótidos, núcleo, síntesis de proteínas, célula, duplicación, mitosis, profase, anafase, telofase, membrana nuclear, cromatina, nucleolos, huso acromático, microtúbulos, proteínas, centrómero, citocinesis, retículo endoplasmático rugoso, retrocruzamiento, heterocigótico, membrana plasmática.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal	De libro	Elaboración personal (Ej: comienzo de β -oxidación; también comienzo de la preg. 4)	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 1)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica (Ej: pregunta del agua: los fallos de su respuesta reflejan repetición mecánica)	Repetición mecánica (Ej: glucólisis –paso por paso pero sin finalidad-)	Repetición mecánica	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	No uso	No uso	Uso (RE/AG/lisosomas)	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Pastor

CURSO: COU B

FECHA: 25-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> no hace 1º dibujo. <p>Nutrientes, retículo endoplasmático rugoso, célula, eucariota, animal, aparato de Golgi, cromatina, lisosoma, proteínas, núcleo, mitocondria, ARN mensajero, vacuola, energía, lípidos, ribosomas, cromatina, enzimas, citoplasma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1º dibujo: no nombra nada. <p>Proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, glúcidos, aparato de Golgi, vacuolas, núcleo, mitocondria, cloroplasto, retículo endoplasmático, lisosomas.</p>	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, invaginación, núcleo, ciliados, mitocondria, vacuola, excreción, excrementos, ATP, ARN ribosómico, ribosoma, lisosoma.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	Elaboración personal (en distintos colores: ruta de las sustancias: glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos)
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación (ni eso en el 2º dibujo -funcionamiento: recorrido muy pobre de los principios inmediatos orgánicos)	Identificación (uso de flechas pero no hay funciones)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Complejo-dinámico

NOMBRE: Pastor

CURSO: COU B

FECHA: 25-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Célula, vida, nutrientes, orgánulos, ser vivo, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, retículo endoplasmático rugoso, eucariota, animal, aparato de Golgi, cromatina, lisosoma, proteínas, núcleo, mitocondria, ARN mensajero, vacuola, membrana, material genético, información, lípidos, ribosomas, enzimas, citoplasma, funciones vitales, ATP.
Origen de la vida 18/11/96	Energía, reacciones, célula, información, reproducción, agua, seres vivos, nutrientes, vegetales, transporte, vida, ósmosis, membrana, relación, nutrición, entropía, núcleo, orgánulos, organismo, animal, turgencia, información genética.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones, catabolismo, materia, anabolismo, glúcidos, respiración, energía, células, vegetales, fotosíntesis, glucólisis, mitocondria, citoplasma, ciclo de Krebs, matriz mitocondrial, nutrientes, monosacáridos, organismo, ATP.
Mapa conceptual 1 6/2/97	Célula, nutrición, relación, reproducción, membrana, mitosis, meiosis, semipermeable, pinocitosis, fagocitosis, nutrientes, medio interno, medio externo, órganos estructurales, orgánulos, citoesqueleto, citoplasma, estructuración, ósmosis, cloroplasto, ribosoma, vacuola, retículo endoplasmático, núcleo, mitocondria, metabolismo, catabolismo, anabolismo, forma, enlaces, romper, principios inmediatos orgánicos, carbono, oxígeno, nitrógeno, lípidos, glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos, energía.
ex. LÍP. 26/2/97	Célula, seres vivos, nutrición, reproducción, relación, membrana, catabolismo, glúcidos, citosol, mitocondria, enzimas, ciclo de Krebs, aparato de Golgi, orgánulo, retículo endoplasmático, dictiosomas, lisosomas, lípidos, agua, β -oxidación, ribosomas, vesículas, síntesis, retículo endoplasmático liso, medio, ácidos grasos.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, membranas, célula, orgánulos, endomembranas, solubilidad, agua, especificidad, energía, transporte, enzimas, reacción, organismo, aminoácidos, ciclo de Krebs, descarboxilación, transaminación, desaminación, holoenzima, heteroenzima, reacciones metabólicas, biocatalizadores, información genética, ADN, ARN, ácidos nucleicos, núcleo, información, ribosoma, síntesis proteica, inmunidad, anticuerpos, respuesta inmune, antígeno, sueros, inhibidor, linfocitos, sistema inmunitario, glúcidos, ARN transferente, ARN mensajero, combustión.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Célula, proteínas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, metabolismo, anabolismo, catabolismo, enlaces, energía, orgánulos, relación, reproducción, nutrición, entropía.
ex. AN. 12/5/97	Mutación, información genética, poliploidía, euploidía, cromosomas, genes, cromátidas, metafase, meiosis, haploide, reproducción, seres vivos, herencia, sexo, ácidos nucleicos, ADN, nucleósidos, ARN, nucleótidos, núcleo, síntesis de proteínas, célula, duplicación, mitosis, profase, anafase, telofase, membrana nuclear, cromatina, nucleolos, huso acromático, microtúbulos, proteínas, centrómero, citocinesis, retículo endoplasmático rugoso, retrocruzamiento, heterocigótico, membrana plasmática.
Símil de la fábrica 12/5/97	Membrana, transporte, lisosomas, energía, enzimas, núcleo, célula, retículo endoplasmático liso, proteínas, retículo endoplasmático rugoso, ARN mensajero, vacuola, anabolismo, mitocondria.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Aparato de Golgi, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, invaginación, núcleo, ciliados, mitocondria, vacuola, excreción, excrementos, ATP, ARN ribosómico, ribosoma, lisosoma.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Procariota, eucariota, célula, principios inmediatos orgánicos, H ₂ O y sales minerales, C, H, O, ácidos nucleicos, proteínas, glúcidos, lípidos, vacuola, mitocondria, cloroplasto, núcleo, membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosoma (ribo), lisosoma (liso), membrana, reserva, respiración celular, respiración, control, traducción, transporte-protección, síntesis, información (info) genética, energía.
Cuestionario final 2/6/97	Célula, vida, funciones vitales, entropía, reproducción, relación, nutrición, anabolismo, catabolismo, materia, síntesis, ruptura, principios inmediatos, energía, orgánulos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, glúcidos, membrana plasmática, metabolismo, aparato de Golgi, vacuolas, núcleo, mitocondria, cloroplasto, retículo endoplasmático, lisosoma, sales minerales.
Entrevista. 12/6/97	Funciones vitales, entropía, reproducción, relación, nutrición, célula, energía, metabolismo, ser vivo, vida, principios inmediatos, mitosis, meiosis, lípido, glúcidos, cilios, flagelos, enzimas, orgánulos, mitocondrias, núcleo, vacuola, cloroplasto, membrana plasmática, retículo endoplasmático, tilacoides, grana, β -oxidación, agua.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Orgánulos, retículo endoplasmático rugoso, aparato de Golgi, lisosoma, núcleo, mitocondria, vacuola, membrana, ribosomas, citoplasma.	Membrana, núcleo, orgánulos.	Mitocondria, citoplasma, matriz mitocondrial.	Membrana, orgánulos, citoesqueleto, citoplasma, cloroplasto, ribosoma, vacuola, retículo endoplasmático, núcleo, mitocondria.	Membrana, citosol, mitocondria, aparato de Golgi, orgánulo, retículo endoplasmático, lisosomas, ribosomas, vesículas, retículo endoplasmático liso.	Membranas, orgánulos, endomembranas, núcleo, ribosoma.	Orgánulos.	Cromosomas, núcleo, membrana nuclear, nucleolos, huso acromático, microtúbulos, centrómero, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, mitocondria, vacuola, ribosoma, lisosoma.	Membrana, ribosomas, núcleo, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, núcleo, mitocondria, vacuola, ribosoma, lisosoma.	Vacuola, mitocondria, cloroplasto, núcleo, membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosoma, lisosoma.	Vacuola, mitocondria, cloroplasto, núcleo, membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, ribosoma, lisosoma.	Orgánulos, membrana plasmática, aparato de Golgi, vacuolas, núcleo, mitocondria, cloroplasto, retículo endoplasmático, lisosoma.	Cilios, flagelos, orgánulos, mitocondrias, núcleo, vacuola, cloroplasto, membrana plasmática, retículo endoplasmático, tilacoides, grana.	AG5,centróm ero1,cilio1,ct q1,ctpl3,ctsl1 ,c1pt5,crma1, fgl1.grana1,h usoacr1,liss6, matrizmit1,m mbr11,mubr nucl1,mnbrp lasm5,mictot ub1,mitc9,nú c110,nclol1,or g8,RE9REL2 ,RER3,rib7,ti lacoides1,ves c1.
Moléculas	Nutrientes, cromatina, proteínas, ARN mensajero, lípidos, enzimas, ATP.	Agua, nutrientes.	Glúcidos, nutrientes, monosacáridos, ATP.	Nutrientes, principios inmediatos, lípidos, glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos.	Glúcidos, enzimas, lípidos, agua, ácidos grasos.	Proteínas, agua, enzimas, aminoácidos, holoenzimas, heteroenzima, biocatalizadores, ADN, ARN, ácidos nucleicos, inhibidor, glúcidos, ARN transferente, ARN mensajero.	Proteínas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos.	Genes, cromátidas, ácidos nucleicos, ADN, nucleósidos, ARN, nucleótidos, cromatina, proteínas.	Enzimas, proteínas, ARN mensajero.	ATP, ARN ribosómico.	Principios inmediatos, H ₂ O, sales minerales, ácidos nucleicos, proteínas, glúcidos, lípidos.	Principios inmediatos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, glúcidos, sales minerales.	Principios inmediatos, lípido, glúcidos, enzimas, agua.	Acgrasos1,A N6,ADN2,agua1,ARN 5,ARNm3,ARNt1,ATP3,c romát1,crom at2,enz5,gen 1,gluc8,heter oenz1,inhibid or1,líp7,mon osac1,nucleó sido1,nucleót ido1,nutrient e4,PI4,prot8, sm2
PROCESOS Mts.	Glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria.	-	Catabolismo, anabolismo, respiración, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs.	Metabolismo, catabolismo, anabolismo.	Catabolismo, ciclo de Krebs, β-oxidación, síntesis.	Ciclo de Krebs, descarboxilación, transaminación, desaminación, reacciones metabólicas, síntesis proteica, combustión.	Metabolismo, anabolismo, catabolismo.	Síntesis de proteínas, duplicación.	Anabolismo.	Excreción, excrementos.	Reserva, respiración celular, traducción, síntesis.	Anabolismo, catabolismo, síntesis, ruptura, metabolismo.	Metabolismo, β-oxidación.	Anb5,á-ox2cadresp1, cat4,cKrebs4, desaminación1,descarboxilación1,duplicación1,ftst1,glucólisis2,mtb4,reactmtla1 resp2,respcel1,síntesis6,sp rot2,traducción1,transaminación1.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
Otros	Funciones vitales.	Reproducción, transporte, ósmosis, relación, nutrición, turgencia.	-	Nutrición, relación, reproducción, mitosis, meiosis, pinocitosis, fagocitosis, ósmosis.	Nutrición, reproducción, relación.	Transporte.	Relación, reproducción, nutrición.	Mutación, poliploidía, euploidía, metafase, meiosis, haploide, reproducción, mitosis, profase, anafase, telofase, citocinesis.	Transporte.	Invaginación.	Transporte, protección.	Funciones vitales, reproducción, relación, nutrición.	Funciones vitales, reproducción, relación, nutrición, mitosis, meiosis.	Anaf1,citocinesis1,euploidía1,fagocitosis1,FV3,meiosis3,metaf1,mitosis3,nut6,ósmosis2,pinocitosis1,prof1,rel6,rep7,telof1,transporte4,turgencia1.
CONCEPTOS GRALES:	Célula, vida, ser vivo, eucariota, animal, material genético, información.	Energía, reacciones, célula, información, seres vivos, vegetales, entropía, organismo, animal, información genética.	Reacciones, materia, energía, células, vegetales, organismo.	Célula, medio, energía.	Célula, seres vivos, medio.	Célula, energía, reacción, organismo, información genética, información.	Célula, energía, entropía.	Información genética, seres vivos, herencia, célula.	Energía, célula.	-	Procariota, eucariota, célula, control, información genética, energía.	Célula, vida, entropía, materia, energía.	Entropía, célula, energía, ser vivo, vida.	Ani2,célula1,energía9,entropía4,eucar2,herencia1,información5,información4,materia3,medio2,organismo3,procariota1,react2,svv5,vgt2vida3.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	-	Solubilidad, especificidad, inmunidad, anticuerpos, respuesta inmune, antígeno, suero, linfocitos, sistema inmunitario.	-	Sexo, retrocruzamiento, heterocigótico.	-	-	-	-	-	Anticuerpo1, antígeno1,especificidad1,inmunidad1,linfocito1,respuesta inmune1,sexo1,sistinmun1,suero1.
MODELO	B	B	B	A/B	B	B	C	B	A	D	B	B	(A)/B	B

Cuando nos enfrentamos a las producciones y verbalizaciones que se han obtenido de Pastor para su interpretación, nos encontramos con un conjunto de registros que nos permiten inferir que este alumno ha manejado en su mente básicamente una célula-estructura por un lado y una célula-funcionamiento por otro, sin establecer conexiones causales entre sus diferentes elementos, sin modelizar, en definitiva, una célula en acción. Esta representación, con algunas modificaciones, es la que parece haber construido y mantenido a lo largo de la práctica totalidad del curso escolar en el que ha estudiado el contenido celular. Al poco tiempo de comenzar el curso se le solicita en un cuestionario (18-10-96) lo siguiente:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

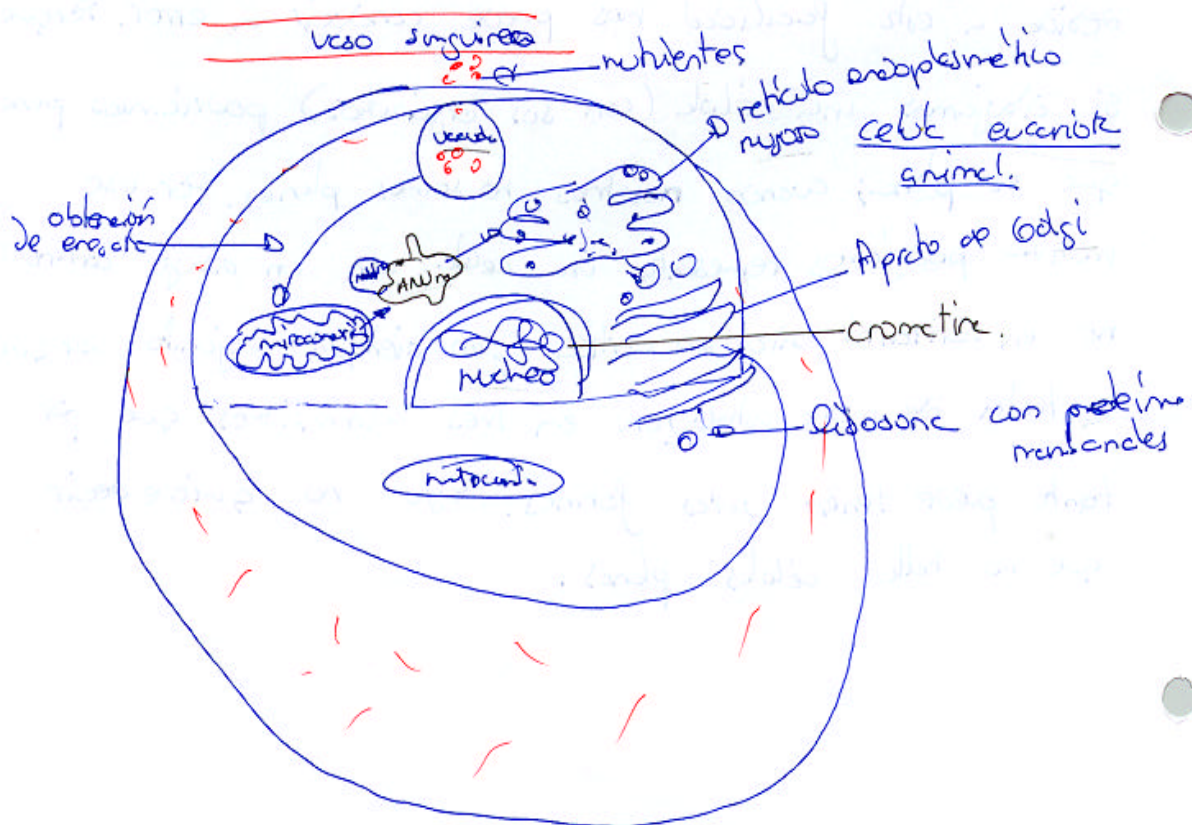
En su respuesta, Pastor no recurre a dibujo alguno aunque se le requiere específicamente y en su discurso sólo habla de una estructura sin delimitar ninguno de sus elementos; es curioso que comente que es una cosa fácil, ¡claro que es fácil dibujar la estructura de una célula!, pero eso no es una célula y, como se verá, la representación que él tiene de la misma es limitadísima en términos biológicos.

“La forma de representar una célula, es muy fácil, pero debido a esta facilidad nos puede conducir a error. Porque si dibujamos una célula (con sus orgánulos) podríamos pensar que es plana; cuando nosotros no somos planos. Por ese motivo podríamos representar una célula con un dibujo cortando no en horizontal sino en vertical, pero siempre dejando ver que se trata de una estructura en tres dimensiones que por tanto puede tener varias formas. Esto no quiere decir que no hall(y)a células planas”.

Pero para Pastor la célula es algo más que eso. Cuando se le pide que exprese con frases breves qué es una célula y cómo funciona, sus respuestas manifiestan procesos y, quizás lo más llamativo, no reflejan un lenguaje libresco sino que resultan como producto de elaboración personal; en las mismas es evidente que hay una idea intuitiva de una forma concreta de comportarse, algo que supone y requiere la obtención de energía.

- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
- *“Organismo vivo de reducidas dimensiones (no siempre), en cuya unidad se v(b)asa un ser vivo para existir (pluri o unicelular).*
- *Unidad del ser vivo, de la cual se v(b)asa el mundo vivo, que tiene un funcionamiento similar al ser humano: crece, se reproduce y muere.*
- *Ser vivo que obtiene del exterior los nutrientes necesarios para poder sobrevivir y poder así dejar su descendencia por la cual sobrevive su especie”.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- *“Mediante (en el caso del ser humano) el riego sanguíneo le llegan a la célula los nutrientes necesarios para poder sobrevivir.*
- *Una vez llegados los nutrientes tres procesos por los cuales se obtiene energía: glucólisis, ciclo de Krebs y cadena respiratoria.*
- *Por estos tres pasos se obtiene a partir de glucosa treinta y ocho ATP que son utilizados por la célula para poder realizar sus funciones”.*

¿Qué es lo que nos presenta este joven cuando lo que se le reclama es que dibuje ese funcionamiento? ¿Cómo lo representa gráficamente cuando se le pregunta qué haría si tuviera que dibujarlo?



Una idea global de funcionamiento de esta “cosa” viva sí que ha captado y generado en su mente, una forma de actuar que se articula en torno a la información y es lo que se desprende de la respuesta a la siguiente pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Que posea una membrana que la separe del medio, orgánulos para poder realizar las funciones fundamentales, nutrientes de los que poder obtener energía y realizar funciones para poder sobrevivir, pero sobre todo material genético para poder transmitir su información a su descendencia. Además ser la unidad más simple con vida independiente”.

Una idea de comportamiento, como decimos, muy intuitiva biológicamente insuficiente, una representación dinámica muy pobre y limitada en lo que a elementos conceptuales se refiere, como muestra su contestación a cómo cree que funciona esa célula.

“Le llegan los nutrientes van a la mitocondria se oxida(n), obtiene energía realiza sus funciones vitales y se muere”.

Cuando hace el examen de Origen de la Vida (18-11-96) volvemos a encontrarnos con frases personales y elaboradas, en su conjunto, articuladas en un discurso coherente en el que se muestran indicios de que aplica adecuadamente los conceptos utilizados pero, paradójicamente, se observa un alto grado de repetición mecánica en el uso de la información que selecciona; el ejemplo más claro nos lo encontramos en su forma de explicar el concepto célula.

“Unidad mínima considerada como ser vivo que realiza todas las funciones que un ser vivo realiza: relación, reproducción, nutrición pero además localmente va en contra del principio de entropía. Su tamaño se encuentra entre una y veinte μ micras. Su forma normalmente es esférica. Con membrana y núcleo. Con orgánulos que realizan las funciones necesarias para poder existir ...”.

Si observamos los conceptos que utiliza Pastor en todo el ejercicio vemos que no incorpora ninguno que se refiera a procesos metabólicos, como hiciera en el cuestionario inicial, y, sin embargo, de su discurso, de lo que nos comunica, se desprende una cierta idea de funcionamiento; “su” célula no parece ser, a juzgar por esto, una simple estructura. Pero “su” célula no le permite explicar y, sobre todo, predecir comportamientos en diferentes situaciones, no le permite anticipar y deducir con coherencia, lo que se desprende de sus pobres y limitadas inferencias y deducciones; un ejemplo lo tenemos en lo que contesta a la siguiente pregunta:

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchon y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“La explicación es muy sens(c)illa ya que se explica mediante el proceso de ósmosis que se lleva a cabo al morir el animal, ya que la piel que lo recubre pierde las propiedades necesarias para poder mantener la turgencia. Por ese motivo al haber una variación en el grado de concentraciones entre el interior y el exterior de la medusa, entonces el agua del interior pasa al exterior para igualar las concentraciones. Esto es posible debido a las propiedades de dispersión que tiene el agua, ya explicada en la pregunta nº 3.

Hipótesis: al perder las propiedades de la piel de la medusa se produce una igualdad en las concentraciones entre el interior y el exterior de la medusa.

1ª actividad: ejemplo de la pregunta nº 3.

2ª actividad: dos botellas, una con sal y la otra sin nada. Al poner la boca de una botella en contacto con la boca de la otra botella, y esperar. Obtendremos dos botellas con una concentración media de ambas. Debido a un proceso difusión. Por lo tanto si hubiera una pared entre ambas fuera semipermeable al agua, y el interior no se viera afectado por la gravedad se apres(c)iaría un crecimiento de volumen en la botella con sal”.

¿Por qué cuando muere la medusa la concentración salina del interior disminuye hasta el punto de ser menor que la del medio? Pastor no encuentra una explicación razonable al respecto y no lo hace porque no capta la esencia del funcionamiento de esta estructura viva ¡cuando está viva! ¿Qué es lo que ocurre en su interior en este estado? De hecho, como se ha mostrado, la formulación de su hipótesis es correcta formalmente pero no responde al problema planteado; al ejecutar su modelo, este joven no aplica correctamente el concepto “ósmosis”, explicitando además comprensión limitada con respecto al funcionamiento celular. Cuando Pastor hace el examen de Glúcidos (9-12-96) vemos un discurso, una forma de expresar su conocimiento, bastante más pobre y limitado; usa frases librescas que tienen una pobre articulación (no son más que frases sueltas) y sólo se limita a repetir mecánicamente la información que ha manejado. Su capacidad explicativa es limitada también, como muestra el siguiente dato:

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno ?.

- ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“Porque el proceso de respiración mediante oxígeno proporciona mucha mayor cantidad de energía en menos tiempo. Treinta y cuatro ATP frente a cuatro ATP.*
 - *No, debido a que si tomamos como referencia el que respiración sea por medio de oxígeno, entonces podremos afirmar que las células vegetales también respiran ya que utilizan O_2 y CO_2 para realizar la función de fotosíntesis.*
 - *No, ya que la forma de utilizar la energía es la misma la diferencia se encuentra en cómo se obtiene la energía.*
 - *No, ya que son un aporte de energía y también estructural aparte de que entre otras cosas regulan la presión osmótica en el catabolismo”.*

Como vemos, además de usar simplemente frases muy cortas, se observan incoherencias y no se razonan las respuestas, como se solicita, lo que se entiende como el resultado de una pobre capacidad explicativa que se deriva de su también pobre modelo mental de célula. Utiliza en todo el ejercicio conceptos tanto estructurales (si bien no muchos) como funcionales (metabólicos estrictamente) pero, por lo que se ve, con escasa significatividad en su representación. Como consecuencia de ello, cuando requiere ese modelo para dar cuenta de predicciones, para deducir e inferir, lógicamente presenta problemas y limitaciones propias del mismo ya que su capacidad predictiva es también insuficiente. Su limitada comprensión biológica es evidente ante lo que contesta a la siguiente pregunta hasta el extremo de que no puede anticipar actividades con las que poder contrastar su razonamiento.

- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“La necesidad de un mayor aporte de energía por el mayor gasto de energía debido al bebé.

Las mujeres en estado de ovulación necesitan un mayor incremento de energía, ya que tiene(n) un mayor gasto debido al óvulo que se está desarrollando, este aporte extra de energía les viene dado por un aumento en sustancias altamente energéticas por lo tanto aumentan el consumo de glúcidos”.

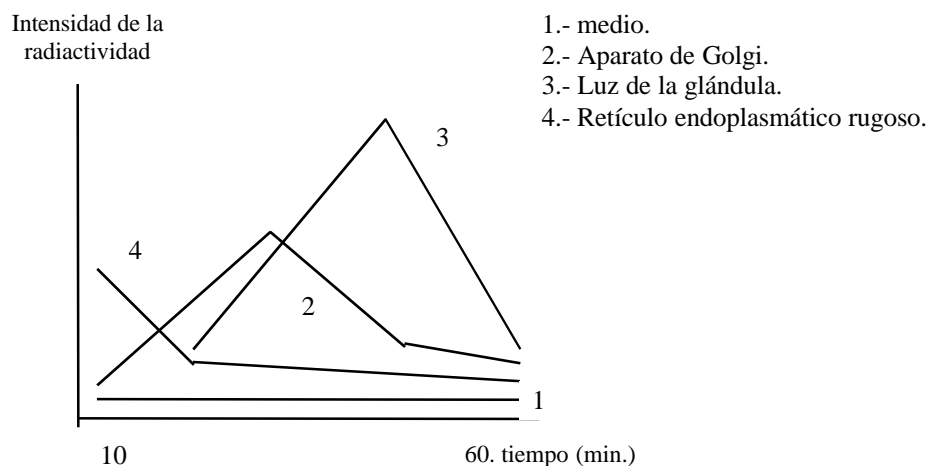
¿Qué podemos decir ante la observación del primer mapa conceptual que hace Pastor para expresar la estructura y el funcionamiento de una célula (6-2-97)? La selección de conceptos que lleva a cabo es arbitraria incorporando, por ejemplo, algún verbo o adjetivos. Los nexos que define para unir dichos conceptos son simples (“gracias”, “que son”) y ello da como consecuencia proposiciones que no tienen significado biológico y que, como es lógico, se derivan del significado que él les atribuye en su modelo. La jerarquización es coherente, observándose un mapa conceptual piramidal que tiene cuatro vertientes bien delimitadas, pero hemos de decir a este respecto que el grupo de trabajo en el que estuvo Pastor en el primer trimestre elaboró un mapa similar para Glúcidos en una tarea de clase. Como conclusión, ante este registro podemos pensar que, si bien es cierto que este joven usa conceptos

Ante el examen de Lípidos (26-2-97) Pastor parece poner en su mente el mismo modelo, el mismo intermediario dual que o bien da cuenta de la estructura o bien del funcionamiento celular pero no como un todo, como una única entidad causal que tanto le está costando comprender y modelizar, lo que, como consecuencia, limita su poder explicativo y predictivo. En esta ocasión volvemos a encontrarnos con un lenguaje personal y elaborado bien hilvanado en un discurso coherente pero la información que plasma vuelve a ser simplemente repetida, lo que muestra limitaciones de comprensión que lo llevan a elaborar y exteriorizar pobres y simples deducciones e inferencias. En este ejercicio, lo que sí llama la atención es que incorpora voluntariamente un dibujo de retículo endoplasmático-aparato de Golgi-lisosoma en una de sus respuestas. Pastor explica lo que es una célula en este momento en los siguientes términos:

“Llamamos célula a la unidad básica que forma los seres pluricelulares; ya que, además, realiza las funciones al completo de los seres vivos. Nutrición, reproducción y relación. Está además subdividida en partes diferenciadas, que como la propia célula tienen una membrana que separa el medio externo del medio interno”.

Lo anterior es un dato que nos permite afirmar su escasa capacidad explicativa y que evidencia rasgos que denotan ausencia de comprensión no sólo de su funcionamiento como entidad viva, sino también incluso de su propia estructura. Lo más consistente en términos de deducción que nos presenta en este examen es su forma de resolver la siguiente cuestión:

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo. Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

“Según estos datos podemos describir el recorrido de la molécula en la célula. Como vemos en la gráfica, podemos afirmar, como ya dije en la pregunta anterior que el aparato de Golgi y el retículo endoplasmático están ligados muy fuertemente el uno con el otro. Ya que vemos en la gráfica que a medida que la radiación disminuye en el retículo

endoplasmático rugoso aumenta, con la misma pendiente, la radiación en el aparato de Golgi. Y desde que la radiación en el retículo endoplasmático rugoso es casi nula podemos apreciar que comienza la intensidad de radiación a aumentar en la luz de la glándula, mientras que no (!) sigue aumentando la intensidad en el aparato de Golgi. Por eso deduzco que después del aparato de Golgi va a la luz de la glándula.

Por otro lado el medio no se ve alterado en ningún momento en función del tiempo”.

Y en el ejercicio que nos da de Proteínas (14-3-97) observamos un nuevo cambio: organiza autónomamente la información. Pastor ha ido ganando muy lentamente capacidad explicativa incorporando, como puede verse en su evolución conceptual, conceptos de diferente naturaleza (tanto estructurales como funcionales) y con ello ha ido generando un modelo de célula en su cabeza que tiene un mayor poder explicativo, lo que se demuestra atendiendo a que poco a poco se aleja cada vez más de un lenguaje libresco y de una información hecha, repetida mecánicamente, para pasar a una forma personal y una autonomía progresivamente mayor en el contenido que maneja. Pero ese modelo aún es limitado e insuficiente en términos biológicos ya que no lo dota en la misma medida de capacidad predictiva, no le permite anticipar respuestas celulares ni razonar válidamente desde la perspectiva científica, como muestra el hecho de que todavía plantea pobres inferencias y deducciones. Veamos cómo da cuenta de lo que le ocurriría a una célula si no existieran los enzimas.

“Si las células no tuvieran enzimas las reacciones metabólicas no se podrían llevar a cabo ya que estas reacciones sin la acción enzimática serían nulas o prácticamente nulas. Sólo hay dos procesos para acelerar estas reacciones o por medio de aumento de calor o por la acción de biocatalizadores. Si tub(v)iéramos que aumentar nuestra temperatura corporal moriríamos, en cambio si aumentamos la velocidad de la reacción conseguiríamos nuestro objetivo. Por estos motivos si no tuviéramos enzimas no se podrían llevar a cabo las reacciones y morirían nuestras células y por consiguiente nosotros. Ya sea por falta de energía o por un aumento ex(c)ec(s)ib(v)o del calor corporal”.

Como se observa en su respuesta, Pastor sólo ha rotado su submodelo funcional no advirtiendo nada relativo a la estructura celular; sólo ha pensado en funcionamiento, no teniendo en cuenta que para construir estructuras también se requieren reacciones que precisan enzimas. De este modo no ha captado una comprensión global, causal, de la entidad que representa y que requiere para solucionar incluso situaciones problemáticas, como la siguiente:

- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

¿Cómo modeló este alumno el enunciado precedente? ¿Qué representación generó del mismo para resolverlo? Es evidente que de eso va a depender su forma de enfrentarse al problema y de resolverlo. Su grado de comprensión, como ya se comentó, es limitado y lo lleva incluso a no considerar lo que el propio dato del problema ofrece; veamos su respuesta:

“Del mismo modo que las malas hierbas se ven afectadas los cultivos pueden verse afectados, ya que el Roundup puede actuar como inhibidor ya sea fijo o temporal, competitivo o no competitivo produciendo la parálisis de la producción de aminoácidos como la fenilalanina y triptófano que son sintetizado(s) por plantas e introducido(s) en nuestro organismo, por este motivo los aminoácidos anteriores se denominan esenciales, ya que no los puede sintetizar el cuerpo humano. Con los tra(n)stornos que esto produciría sobre nuestras proteínas y sustancias que tengan proteínas, puesto que no se produciría(n) muchos de los aminoácidos y por tanto proteínas, ya que el cuerpo humano y todos los organismos presentan una gran especificidad en sus proteínas, especificidad que se vería variada por la necesidad de otras proteínas que no se pueden sintetizar. Pudiendo morir de esta manera o introducirse en nuestro cuerpo sin aminoácidos.

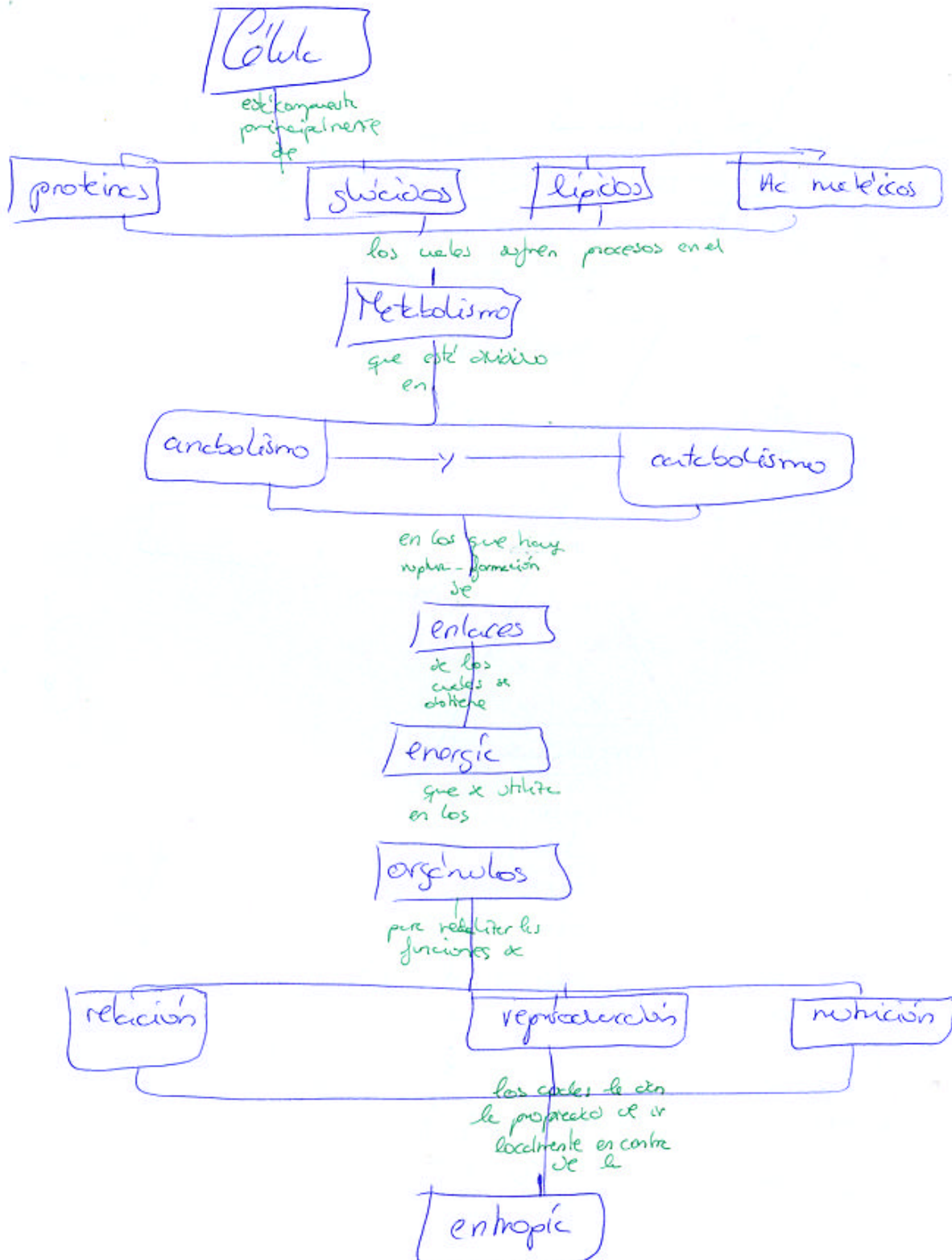
Hipótesis: la utilización de inhibidores en productos agrícolas produce tra(n)stornos en la síntesis de aminoácidos esenciales para nuestro organismo, debido al acoplamiento de estos inhibidores, a las enzimas encargadas de biocatalizar las reacciones químicas de síntesis de aminoácidos, tales como fenilalanina y triptófano, que son producidos por las plantas e incorporados a nuestra dieta”.

Podríamos comprobarlo tratando estas plantas con estos herbicidas y observa(r) su reacción tanto a corto como a medio plazo, así observaríamos el nivel de aminoácidos esenciales que contienen (con análisis químico) y ver si mueren también a corto o a medio plazo. Ya que lo hacen a medio plazo podemos ingerir plantas con estos inhibidores que no dejaría que se produjera la síntesis de estos aminoácidos”.

El segundo mapa conceptual que se solicita (2-4-97), como en el caso anterior, pretende que el alumnado plasme su conocimiento sobre la estructura y el funcionamiento celular pero en esta ocasión se ha limitado el número de conceptos a quince. La selección que hace Pastor es adecuada y consistente, usando en esta ocasión relaciones mucho más explicativas que en el mapa anterior y plasmando con ello proposiciones bastante más significativas desde el punto de vista biológico lo que, como parece lógico, debe corresponderse con el significado que él le atribuye en su modelo mental de la célula de la que da cuenta este mapa conceptual. En el mismo se observa que su jerarquización es bastante débil, siguiendo un esquema muy lineal. Combina en distintos niveles alternativamente conceptos estructurales y comportamentales, lo que podría considerarse una consecuencia de un modelo mental global, integrado, causal, de célula, un modelo C, pero esa débil jerarquización cuestionaría dicha conclusión, haciéndonos pensar que quizás Pastor se está moviendo en el momento de hacer su mapa conceptual entre un modelo dual de célula y ese modelo integrado de la misma. Su explicación sobre el mapa que ha hecho resulta también interesante, ya que en ella justifica lo que ha elaborado y por ello se presenta también como dato. Está claro que no usa sino conceptos generales y no recurre, por ejemplo, a procesos metabólicos en sentido estricto, pero con ellos da a entender y exterioriza una idea de célula que parece bastante global, una célula actuando en su mente y no simplemente una estructura.

“Los conceptos elegidos son célula, que es importante ya que es el sujeto de esquema; proteínas, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, por ser sus principales componentes y por ser principios inmediatos orgánicos. Otro concepto clave metabolismo, proceso sin el que la célula no sería célula, ni tampoco existiría. Anabolismo y catabolismo, los procesos en los cuales se dib(v)ide el metabolismo celular, explicando el proceso más simple y claro que realizan para obtener energía, es decir, la ruptura y la formación de enlaces (formación-destrucción de estructuras potencialmente energéticas). El concepto orgánulo por ser el concepto que nos permite saber cómo está dividida y compuesta la célula (más o menos); pero ésta, la composición, a otro nivel, ya que no hay que confundir los dos niveles de estructuración expuestos en el esquema (celular y molecular) que están altamente ligados por el metabolismo celular. Aparte de esto son los orgánulos los que realizan las funciones vitales que diferencia(n) a una célula como ser independiente que son nutrición, reproducción, nutrición; y son éstos las que impiden que

localmente vaya en contra del principio de entropía y por tanto requiere ser incluida como ser vivo".



¿Cuáles son las características que definen el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) que hace Pastor? Nos encontramos con los mismos rasgos distintivos que ya se observaron en el examen de Proteínas, es decir, con un grado aceptable de elaboración personal en las frases que usa articulándolas acertadamente en un discurso coherente

que plasma la organización autónoma del contenido trabajado de la que Pastor hace gala en el mismo; y otra vez sus deducciones y sus inferencias son pobres. Ante la pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos ?. Razona la respuesta.

Este estudiante nos brinda una breve respuesta que integra tímidamente aspectos estructurales y funcionales.

“Los ácidos nucleicos son los responsables directos de la síntesis de proteínas por ese motivo si se dejara de sintetizar las estructuras no se verían reemplazadas con lo que se produciría la muerte del individuo. Por lo tanto son importantísimas”.

Cuando vemos lo que Pastor nos entrega como su interpretación de un dibujo para que explicara en qué medida reflejaba la estructura y el funcionamiento celular (12-5-97) surge una duda más que razonable. En el terreno comportamental sólo usa como conceptos “anabolismo” y “transporte”, lo que nos llevaría a concluir que sólo generó una célula-estructura; pero lo que hace es una relación de los diferentes elementos estructurales que considera y explica muy brevemente su papel biológico recurriendo básicamente a verbos para plasmar esas acciones, lo que se entiende que se deriva de una idea de funcionamiento-suma de la célula, un comportamiento que no es más que la suma de lo que hace cada parte y ello, como se recordará, parece más lógico pensar que es la consecuencia de pensar por un lado en los elementos, o sea, estructura, y por otro en lo que cada uno de ellos hace, es decir, funcionamiento, lo que define el modelo dual de la célula. Veamos lo que nos entregó Pastor en esta ocasión.

“Membrana: como en el ejemplo (dibujo) la membrana es semipermeable ya por lo tanto, mediante los mecanismos de transporte el paso de sustancias al interior será controlado.

Lisosoma: como vemos en el dibujo los lisosomas se relación con él, ya que son los encargados de romper las estructuras para obtener su energía. Podemos ver a los enzimas.

Núcleo: como se ve es el ordenador que controla todas las operaciones de la célula. El encargado del orden de todas las funciones.

Retículo endoplasmático liso: como vemos está conectado con el rugoso y es en(l) encargado de sintetizar las proteínas, en el dibujo vemos cómo las bolitas representan las proteínas que servirán para crear nuevas estructuras.

Retículo endoplasmático rugoso: está, como en el d, conectado al núcleo y dirig(u)ido por él sintetizando las proteínas, aparte vemos cómo en él llega la señal del núcleo, como el ARN mensajero.

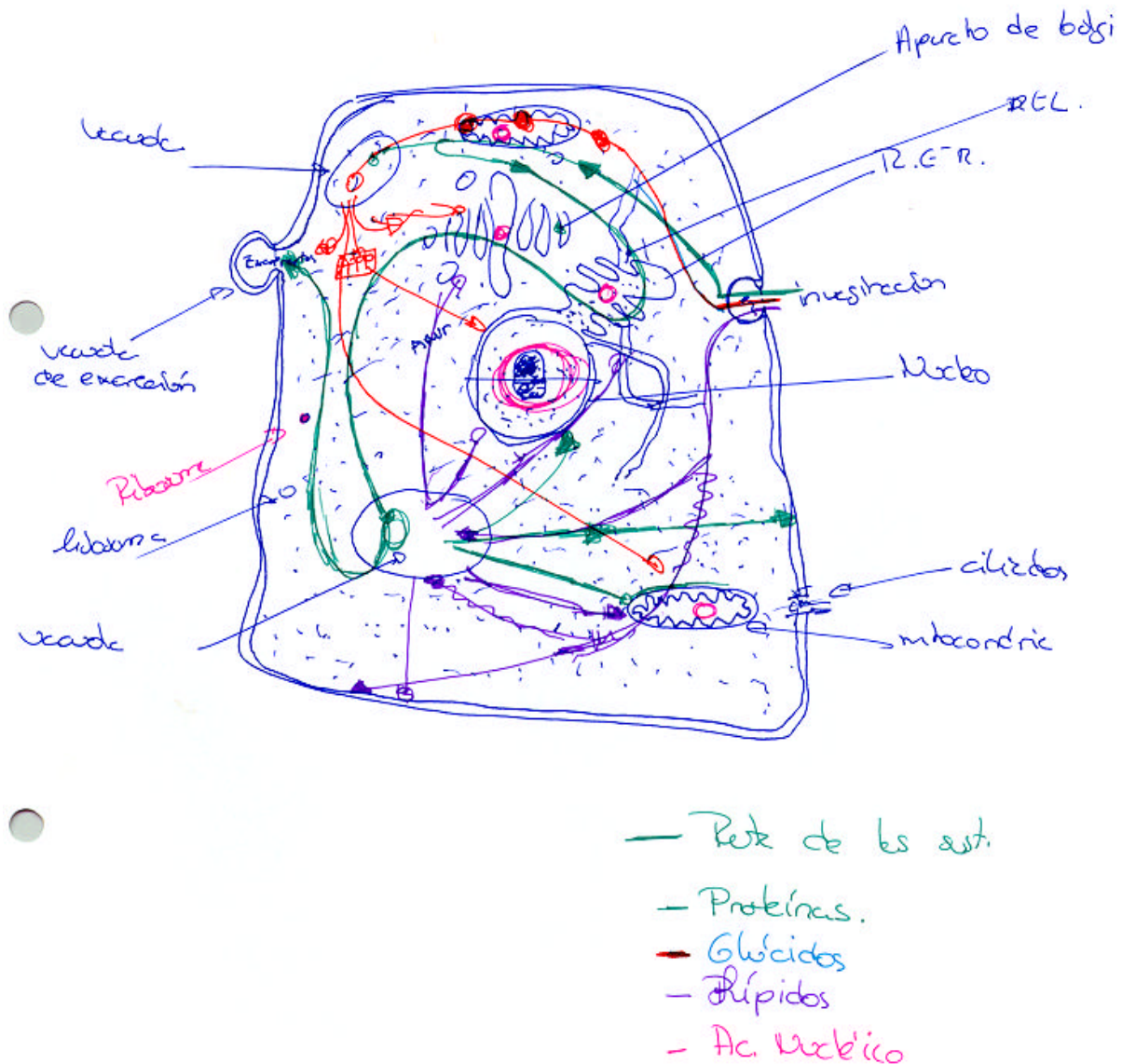
Vacuola de almacenamiento: en ella como en el dibujo almacenan los productos del anabolismo así como otras sustancias importantes.

Mitocondria: con la fábrica podemos identificar a la mitocondria ya que en ella se produce la energía necesaria para que todo funcione.

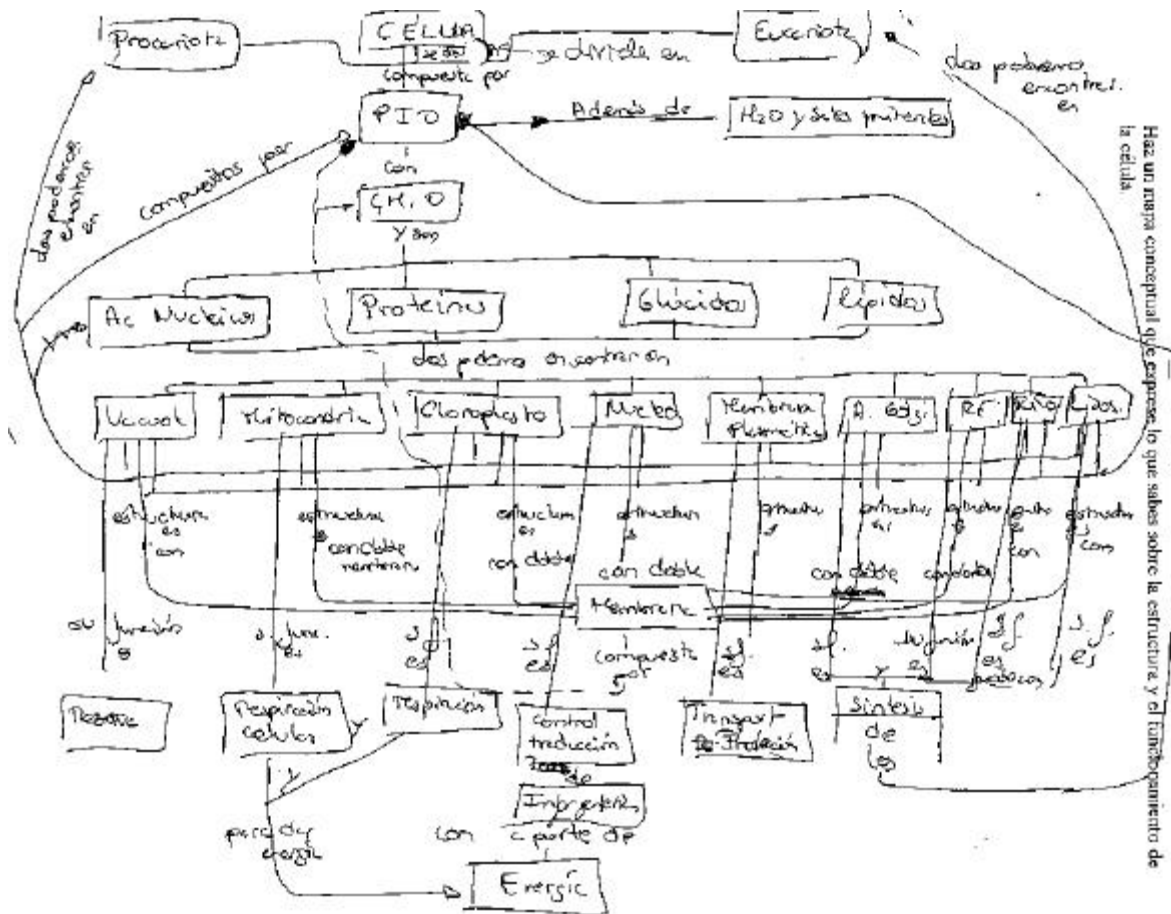
Vacuola digestiva: en ella como en el D podemos ver a las enzimas trabajando, rompiendo las sustancias para su construcción elaborando la materia prima”.

Para plasmar estructura y funcionamiento celular también se solicita un dibujo (16-5-97). Pastor nos sorprende con un diseño muy elaborado y muy personal en el que selecciona un color distinto para cada uno de los principios inmediatos orgánicos y señala sus caminos o recorridos dentro de la célula; con ello plasma una representación compleja a la que dota de dinamismo señalando con esas flechas en diferentes colores relaciones de continuidad. Con los orgánulos lo que hace es simplemente identificación, no incorporando texto alguno. Al verlo se diría que ha modelado esa misma célula en acción en su cabeza, que “la ha visto” distribuyendo por rutas distintas esas diferentes

moléculas, que ha generado en esta ocasión un modelo causal que trabaja con imágenes o modelo mental D.



Pero obsérvese que delimita caminos sin especificar procesos, que no entra en todos esos fenómenos moleculares y metabólicos que también se tendrían que conceptualizar adecuadamente para tener una representación suficientemente explicativa y suficientemente predictiva para la célula. Si no se entra en los caracteres y aspectos esenciales de los mismos, no se entiende el procesamiento de la materia y de la energía que esta “cosa” tan peculiar lleva a cabo, ni su relación con las estructuras en las que eso se produce. Por eso contrasta con lo anterior, aunque no sorprende, el tercer mapa conceptual que hace Pastor, otra vez sin límite de conceptos, para expresar la estructura y el funcionamiento que él le atribuye a la célula (19-5-97). Volvemos a encontrarnos con una selección arbitraria de conceptos que se unen de manera muy simple, dando lugar a proposiciones que tienen poco significado biológico e incluso manifiestan errores importantes –problemas de comprensión, en definitiva–, que hacen pensar en la poca significatividad que ha adquirido este contenido para este alumno, plasmándose una jerarquización libresca que atiende a los niveles de organización de la materia viva. El mapa que nos entrega Pastor es el siguiente:



En el cuestionario final que hace Pastor (2-6-97) nos ofrece, al ser igual que el inicial, algunos elementos para la reflexión y la comparación. Usa un lenguaje libresco articulado en forma de un discurso pobre en el que repite mecánica y memorísticamente la información, lo que contrasta con sus últimas producciones, estableciendo, además pocas y pobres deducciones e inferencias. ¿Qué novedades nos encontramos con respecto al mes de octubre? En esta ocasión ante la pregunta:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

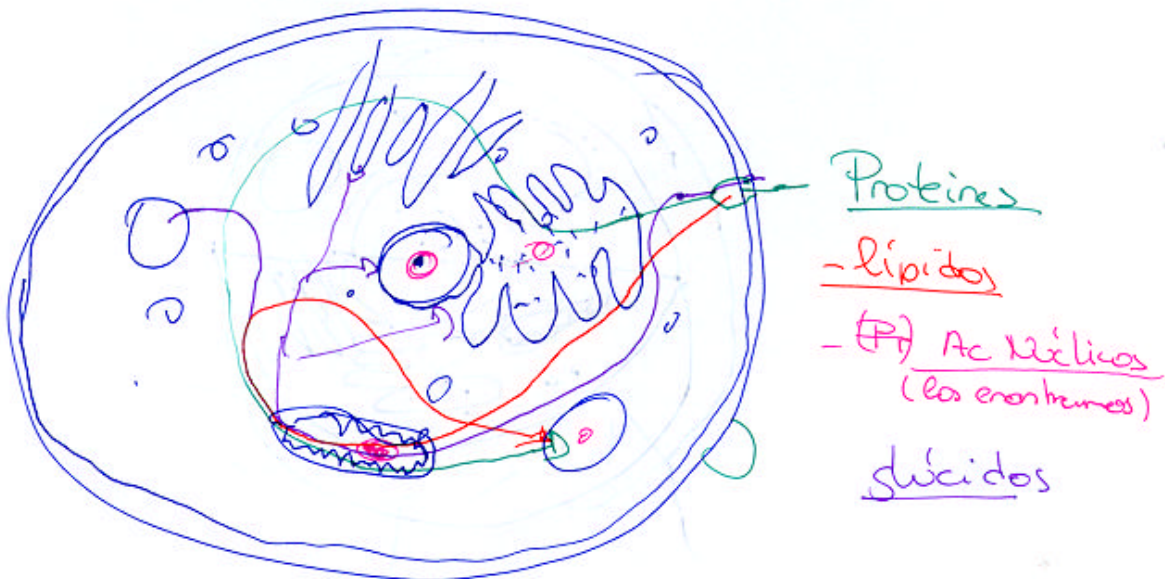
hace un simple dibujo en el que ni siquiera observamos identificación de orgánulos, no incluyendo nada más; en el cuestionario inicial, como se recordará, explicaba y no dibujaba.



Veamos cómo expresa con frases cortas qué es una célula y cómo funciona.

- Si tuviéramos que decir con tres frases qué es una célula ¿qué diríamos?
- *“Unidad mínima con independencia biológica.*
- *Ser microscópico que va en contra (localmente) de la entropía.*
- *Ser vivo que realiza las funciones vitales de reproducción, relación nutrición”.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- *“Ser vivo que realiza funciones metabólicas con anabolismo y(a) catabolismo, ruptura síntesis de materia).*
- *Conjunto de principios inmediatos orgánicos, que se organiza para obtener energía de los enlaces.*
- *Organismo complejo compuesto por orgánulos que realizan las funciones necesarias para que la célula funcione”.*

¿Se observan diferencias? No parece que haya muchas, incluso cabría pensar que son en este momento hasta más pobres y menos explicativas. Su forma de plasmar gráficamente ese funcionamiento es muy similar al dibujo que recientemente se le solicitó.



¿Cómo cree Pastor que funciona una célula en este momento? Su respuesta es la siguiente:

“La célula es una organización compleja de principios inmediatos orgánicos y sales minerales. La célula obtiene por distintos mecanismos el material necesario para realizar sus funciones vitales. Que mediante mecanismo(s) de anabolismo-catabolismo obtiene la energía para formar su propia energía, de esta forma y gracias a los orgánulos que la componen, de esta manera puede realizar sus funciones vitales de relación reproducción, nutrición para componer de esta manera su propio material orgánico”.

Veamos lo que nos ofrece la entrevista que se le hace a Pastor al finalizar el curso (12-6-97). El primer fragmento que se selecciona es el siguiente:

ML : ¿"célula" ? ¿ qué imagen ves ?

Pastor : *pues me imagino la célula redondita cooonn sus, con pelitos, los cilios, los flagelos y tal.*

ML : y tal ; ¿qué más tiene ? descríbeme esa imagen.

Pastor : *es que sólo la vi por fuera.*

ML : sólo la viste por fuera, sólo ves esa imagen por fuera.

Pastor : *por fuera.*

ML : ¿es fija, estática o tiene movimiento ?

Pastor : *... por ahora está fija.*

“Ve” la célula que nos dibujó en el cuestionario final; es una imagen estática, fija, pero por fuera y por eso, cuando ve una foto de microscopía electrónica, tiene problemas en su interpretación.

ML : ¿éstos son ima, esto es una imagen ?

Pastor : *sí.*

ML : lo que te estoy enseñando es una imagen ; es una imagen de qué.

Pastor : *de un corte de transversal de la célula, será.*

ML : corte transversal de la célula, o sea que esto es una imagen de una célula, de célula.

Pastor : *sí.*

ML : ¡aja !

Pastor : *¡de célula !*

ML : ¡de célula !

Pastor : *de una célula.*

ML : de una célula. ¿por qué me insistes en “una célula” ?

Pastor : *porque no veo varias, sóloo veo una.*

ML : sólo ves una.

Pastor : *los orgánulos de una.*

ML : los orgánulos de una. ¿Esta imagen de célula se parece a la que me describiste antes ?

Pastor : *¡tch ! no porque como la vi por fuera pues no me la imaginaba por dentro.*

ML : no te la imaginaste por dentro, es muy distinta.

Pastor : *... sí.*

Obsérvese que Pastor usa sólo frases sueltas que no termina y que tiene problemas para articular un discurso; su capacidad explicativa es limitada y cuando aplica su conocimiento manifiesta esa limitación y pobreza. Tiene dificultades incluso para determinar lo que está viendo.

ML : y que tú tienes también un modelo de célula.

Pastor : *¡mj !*

ML : ¡jeehhh ! ¿has podido aplicar tu modelo de célula a la interpretación de esta foto ?

Pastor : *al que te di antes no, al que tengo yo sí.*

ML : ¡mmm !

Pastor : *¡tch ! te dije porque antes tuve la visión pero ... por fuera.*

ML : ¡mj !

Pastor : *como si fuera un microscopio de barrido.*

ML : sí.

Pastor : *perooo ... claro, yo podría también intentar ver, diferenciar cosas aquí, lo que pasa es que*

ML : o sea.

Pastor : *me dejaste trabado porque estaba buscando la membrana plasmática, desde antes, primero te hice así.*

ML : sí.

Pastor : *y digo : esto no puede ser.*

ML : esto no puede ser ; vamos a ver, entonces, me estás diciendo que tú sí tienes un modelo que te permite interpretar esta foto, ésta o cualquier otra.

Pastor : *¡mj !*

ML : tú tienes un modelo que te permite interpretar esta foto ; ¡aahh ! ¿me explicas, entonces, ese modelo que te permitiría interpretar ésta o cualquier otra foto ?

Pastor : ... ¡eeehhh ! ... síii, ¡tch ! bueno, si encontramos claramente diferenciada la membrana celular, la membrana plasmática, ya podrá, aquí podríamos haberlo aislado, como cuatro, no, no, con tres pues este tipo de estructuras así en sáculos aplanados pueden ser retículos endoplasmáticos, si vemos que tiene puntitos, sería el rugoso ; la mitocondria siempre se ve clara que ésta porque tiene doble membrana y la deeeelll, interna se pliega; los tilacoides están for, ¡mmm ! tienen ... los grana yyy, y formados por los, ¡tch ! los cloroplastos están formados por las grana y compuestos por tilacoides.

ML : es decir que en tu modelo hay una serie de elementos estructurales que te permitirían identificar otra foto.

Pastor : sí.

Y Pastor dice “uno de los modelos que yo tengo”, tiene más de un modelo, trabaja manejando o bien procesos sin recurrir a los lugares en los que ocurren, o bien estructuras y no estableciendo inferencias entre estructura y función, pero no trabaja con modelos dentro de modelos relacionándolos causalmente y revisándolos recursivamente, sino independiente y aisladamente con una cosa o con la otra, con un aspecto o con el otro. Pastor ejecuta un modelo mental dual de célula que o bien atiende a su estructura o bien a su comportamiento y un ejemplo de esto último lo tenemos en el siguiente fragmento:

Pastor : pues uno de los modelos que tengo yo es el que describí ... en uno de los ejercicios pero hace tiempo ya, ... que lo hice con tiempo, que tuve una hora yyy a partir de ahí pues ¡tch ! diferenciando los principios inmediatos, así como recorriéndolo, entonces llevaba cada uno por diferentes orgánulos, ... lo que hacía cada uno de ellos así como los procesos metabólicos queee se producían sobre él, **ML** : me tienes que explicar la **b**-oxidación.

ML : te tengo que explicar la β -oxidación, ahora lo hacemos ; me estás queriendo decir que entonces tú, cuando hablamos de funcionamiento de una célula, qué te pones : ¿una imagen en la mente también ? ..., ... gráfica.

Pastor : síi.

ML : sí ; en esa imagen gráfica es en donde ves cada principio inmediato por dónde va pasando.

Pastor : sí ; ... podría llegar a hacerla.

ML : ¡mj !

Pastor : no lo veo claro porque no, no tengo esa capacidad de veerrlo así de gene, general.

Pastor no tiene una célula en acción en su mente, no ejecuta un modelo causal, integrado, global, de la misma en el que manejar sus elementos, “tokens”, tanto estructurales como funcionales y, de hecho, ante la demanda de visualizar nada menos que doce conceptos relativos a los mismos, sólo refiere a célula en una ocasión: ¡célula!, no integrando conceptos como nutrición, anabolismo, meiosis, ..., en dicha representación. Y para interpretar, como hemos visto, necesita un elemento concreto de referencia, algo que haya visto ya plasmado en algún libro, algo estático, fijo y muy simple (¡algo que esos libros usan y que no se corresponde con la realidad celular!), lo que confirmaría que de nuevo ante la entrevista lo que construyó este estudiante es un modelo mental de célula como mucho dual, pues también hay ciertos indicios de que sólo haya trabajado mentalmente con su estructura, lo que justificaría sus dificultades explicativas para interpretar y para expresar su comportamiento.

Parece probado, analizando e interpretando estas producciones y verbalizaciones que Pastor nos aporta, que podemos construir un modelo mental como investigadores sobre su forma de pensar en la célula, sobre sus modelos mentales de célula construidos a lo largo del curso, y ese modelo sobre sus modelos es dual, un modelo mental que de

modo general ha operado por un lado con su estructura y por otro con su funcionamiento, si bien ha habido algunas variaciones al respecto. Y nuestro modelo sobre su modelo determina al ejecutarlo que también es ese modelo dual de célula con el que Pastor termina el curso; sus productos, sus formas de exteriorizar su conocimiento, su mundo-célula así parecen indicarlo. Y esta estabilidad en su modelo a lo largo del año escolar parece tener también su correlato en la evolución conceptual que sigue, una evolución en la que, como puede observarse, no hay un gran enriquecimiento, lo que justifica que ese modelo dual o B haya variado poco a lo largo del curso en la mente de Pastor.

ANEXO N° 35:

ÁNGELES

NOMBRE: Ángeles

CURSO: COU B

FECHA: 26-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Células, membrana plasmática, citoplasma, núcleo, orgánulos, ribosomas, retículo endoplasmático, información genética, vida, nutrientes, desechos, ácidos nucleicos, energía, nucleolo, mitocondrias, vacuola, centriolo, cromosomas, lisosomas, transformación, almacenamiento, ARN, ADN.	Células, reacciones, organismo, vida, vacuola, lisosoma, ATP, membrana, orgánulos, energía, glucólisis, fotosíntesis, entropía.	Funciones vitales, entropía, vida, reacciones, células, organización, energía, ser vivo, procariota, eucariota, animales, vegetales, mitocondrias, vacuolas, orgánulos, nutriente, comunicación, ósmosis, lípido, centriolo, centrómero, cromátidas, membrana plasmática, hialoplasma, retículo endoplasmático, núcleo, división, glucólisis, nucleolo, lisosoma, aparato de Golgi, ciclo de Krebs, sistema inmunológico, cromosomas.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (3°) No uso (1° y 2°)	Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: azúcar. • Proteína: grasa. • Lípido: grasa, masa viscosa. • Ácido nucleico: cromosomas. • Energía: central eléctrica. • Entropía: agujero negro. • Célula: imagen típica. • Meiosis: división. • Anabolismo: espira del Bruño. • Ser vivo: animales. • Nutrición: gente comiendo. • Relación: comunicación entre personas.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres	Pobres (desde la imagen; y son coherentes pero sin argumentar)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento de la célula: taller de coches (explica la analogía, por ejemplo, ácidos nucleicos como los maestros). Extrabiol./autónoma. 	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> • funcionamiento: mitocondria como un trono. Pág. 8 (1): parece referirse al símil de la fábrica. Extrabiol./repetición de clase.

- Pág. 5 A: nota puesta cuando leí por primera vez la encuesta: no construye o visualiza los elementos nombrados en función de una imagen de célula global; baja conceptualización biológica. Y añadido ahora (26-2-98): tampoco hay analogías nada más que en energía y en entropía.
- Pág. 6: vuelve a hacer referencias a formas típicas. Diferencias grandes entre la foto y su modelo de célula -anotaciones de la primera lectura.
- Pág. 8 A: contradicción: para funcionamiento: pues el mismo, lo que, lo que pasa es que para el funcionamiento ... es más difícil porque no sabría ... representarlo. El mismo/no sabría representarlo.
- Pág. 9: anotación de la primera lectura: dificultades en la organización de la información relativa a funcionamiento celular.

NOMBRE: Ángeles

CURSO: COU B

FECHA: 26-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Células, reacciones metabólicas de los nutrientes, aportes energéticos, nutrientes, reducir la entropía, las funciones vitales, llevadas por el torrente sanguíneo, que entran en la célula, orgánulos, la glucosa ..., etc, las distintas moléculas, sufren procesos, hialoplasma, distintas funciones complementarias entre sí, ser almacenadas, pueden ser gastadas, vacuola ..., orgánulos de almacén, formación de nuevas estructuras o renovación.	Eucariota, procariota, célula, ATP, entropía, núcleo, material genético, membrana, nutrientes, glúcidos, lípidos, proteínas, agua y sales minerales, orgánulos, hialoplasma.	Pared celular, célula vegetal, célula animal, procariota, eucariota, entropía, nutrientes, célula principios inmediatos inorgánicos, principios inmediatos orgánicos, ser vivo, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, nutrición, reproducción, relación, ATP, asexual, sexual, enlaces, gametos, sexualidad, energético, núcleo, cromatina, ADN, código genético, orgánulos, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, vacuola, lisosoma, membrana plasmática, ribosoma.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (¡no son conceptos!)	Arbitraria (no responde a funcionamiento, por eso faltan unos y sobran otros) (los conceptos seleccionados no responden a funcionamiento sino a composición y estructura)	Arbitraria (Ej: enlaces, energético, sexual, asexual -adjetivos, cel. Animal, cel. Vegetal) (no selecciona nada de metabolismo-funcionamiento; sólo se queda en funciones vitales)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples (Ej: en, que son, haciendo)	Simples (Ej: los, aunque también)	Simples (Ej: que pueden ser, gracias a)
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Nada significativas	Nada significativas (Ej: sin significado o frases con tres conceptos)	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente (ella misma lo afirma)	Ausente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	Explicación autónoma ¡sin signos de puntuación!		

NOMBRE: Ángeles

CURSO: COU B

FECHA: 26-2-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, nutrientes, desechos, lisosomas, célula, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, proteínas, ribosomas, mitocondria, vacuola, citoplasma, excreción.	Agua, célula, vida, organización, orgánulos, reacciones, energía, funciones vitales, transporte, sales minerales, organismo, procariota, eucariota, animales, vegetales, membrana plasmática, ósmosis, metabolismo, anaeróbicos, heterótrofos, fermentación, fotosíntesis, autótrofos, aeróbicos, materia, medio.	Vida, organismo, nutrientes, glúcidos, lípidos, secreción, fermentación, energía, animales, célula, vegetales, catabolismo, autótrofo, reacciones, heterótrofo, ósmosis, glucólisis, hialoplasma, ATP, anabolismo, sales minerales, monosacárido.	Energía, glúcidos, organismo, nutrientes, lípidos, autoensamblaje, autosellado, fluidez, membrana plasmática, célula, proteínas, mitocondria, ATP, orgánulo, hialoplasma, animales, vegetales, dictiosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vesículas, lisosomas, enzimas, procariotas, eucariotas, citoplasma, núcleo, entropía, permeabilidad, ribosomas, ácidos grasos, medio.	Linfocitos, organismo, inmunidad, anticuerpos, proteínas, reserva, transporte, membrana plasmática, enzima, aminoácidos, reacciones, holoenzima, heteroenzima, coenzima, cofactor, catálisis, energía, sistema inmunológico, antígeno, fagocitosis, vacuna, suero, animales, células, nutrientes, reacciones metabólicas.	Código genético, ADN, nucleótidos, ARN, núcleo, cromosomas, citoplasma, información, célula, ácidos nucleicos, síntesis de proteínas, transporte, ARN mensajero, ribosomas, genotipos, mutaciones, poliploidía, haploidía, aneuploidía, funciones, vitales, reproducción, reproducción sexual, gametos, gametogénesis, meiosis, sexo, cromátidas, alelos, codominancia, heterocigóticos, fenotipo, ARN transferente.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (no hay hilo conductor; frases sueltas)	Simple y pobre (incluso problemas serios de expresión)	Simple y pobre	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Simple y pobre (frases sueltas y párrafos aislados sin hilo conductor)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Repetición mecánica (con incoherencias)	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso (no se apoya en el dibujo)	Uso (para ósmosis)	No uso	Uso (un dictiosoma)	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	Pobres (Ej: preg. 5)	Elaboradas (Ej: preg. 6)	Pobres (Ej: preg. 5)	Pobres (Ej: preg. 6)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

- virus como procariotas en el ex O.V.
- ¡ojo! En todo: observar si incorpora en funcionamiento los procesos metabólicos; no lo hace en los mapas (3°).

NOMBRE: Ángeles

CURSO: COU B

FECHA: 26-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> no hace 1º dibujo. No hace 2º dibujo; analogía anotada en el cuestionario. <p>Mitocondrias, nucleolo, vacuola, núcleo, cromosomas, centriolo, lisosomas, ribosomas, retículo endoplasmático, membrana plasmática.</p>	<ul style="list-style-type: none"> no nombra nada en el 1º dibujo. No nombra nada en el 3º dibujo. <p>Vacuola, lisosoma, ATP.</p>	Retículo endoplasmático, ribosoma, vacuola, nutrientes, CO ₂ , O ₂ , ATP, aparato de Golgi, citoplasma, lisosoma, mitocondria, reacciones, cromatina, núcleo, nucleolo.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	Elaboración personal (¡ojo! Relativa, baja)
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación	Identificación (¡y sólo en el 2º dibujo y sólo dos cosas) (el 2º: funcionamiento: incorpora algunas flechas y números para señalar secuencia)	Identificación (con algunas flechas que dan idea de funcionamiento, pero sólo eso -no hay información significativa de funciones)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simple-estático	Simples-estáticos (2º dibujo algo dinámico)	Complejo-dinámico (¡ojo! Muy relativamente)

NOMBRE: Ángeles

CURSO: COU B

FECHA: 26-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Células, membrana plasmática, citoplasma, núcleo, orgánulos, ribosomas, retículo endoplasmático, información genética, vida, nutrientes, desechos, ácidos nucleicos, energía, nucleolo, mitocondrias, vacuola, centriolo, cromosomas, lisosomas, transformación, almacenamiento, ARN, ADN.
Origen de la vida 18/11/96	Agua, célula, vida, organización, orgánulos, reacciones, energía, funciones vitales, transporte, sales minerales, organismo, procariota, eucariota, animales, vegetales, membrana plasmática, ósmosis, metabolismo, anaeróbicos, heterótrofos, fermentación, fotosíntesis, autótrofos, aeróbicos, materia, medio.
ex. GLUC. 9/12/96	Vida, organismo, nutrientes, glúcidos, lípidos, secreción, fermentación, energía, animales, célula, vegetales, catabolismo, autótrofo, reacciones, heterótrofo, ósmosis, glucólisis, hialoplasma, ATP, anabolismo, sales minerales, monosacárido.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Células, reacciones metabólicas de los nutrientes, aportes energéticos, nutrientes, reducir la entropía, las funciones vitales, llevadas por el torrente sanguíneo, que entran en la célula, orgánulos, la glucosa ..., etc, las distintas moléculas, sufren procesos, hialoplasma, distintas funciones complementarias entre sí, ser almacenadas, pueden ser gastadas, vacuola ..., orgánulos de almacén, formación de nuevas estructuras o renovación.
ex. LÍP. 26/2/97	Energía, glúcidos, organismo, nutrientes, lípidos, autoensamblaje, autosellado, fluidez, membrana plasmática, célula, proteínas, mitocondria, ATP, orgánulo, hialoplasma, animales, vegetales, dictiosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vesículas, lisosomas, enzimas, procariotas, eucariotas, citoplasma, núcleo, entropía, permeabilidad, ribosomas, ácidos grasos, medio.
ex. PROT. 14/3/97	Linfocitos, organismo, inmunidad, anticuerpos, proteínas, reserva, transporte, membrana plasmática, enzima, aminoácidos, reacciones, holoenzima, heteroenzima, coenzima, cofactor, catálisis, energía, sistema inmunológico, antígeno, fagocitosis, vacuna, suero, animales, células, nutrientes, reacciones metabólicas.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Eucariota, procariota, célula, ATP, entropía, núcleo, material genético, membrana, nutrientes, glúcidos, lípidos, proteínas, agua y sales minerales, orgánulos, hialoplasma.
ex. AN. 12/5/97	Código genético, ADN, nucleótidos, ARN, núcleo, cromosomas, citoplasma, información, célula, ácidos nucleicos, síntesis de proteínas, transporte, ARN mensajero, ribosomas, genotipos, mutaciones, poliploidía, haploidía, aneuploidía, funciones, vitales, reproducción, reproducción sexual, gametos, gametogénesis, meiosis, sexo, cromátidas, alelos, codominancia, heterocigóticos, fenotipo, ARN transferente.
Símil de la fábrica 12/5/97	Membrana, nutrientes, desechos, lisosomas, célula, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, proteínas, ribosomas, mitocondria, vacuola, citoplasma, excreción.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Retículo endoplasmático, ribosoma, vacuola, nutrientes, CO ₂ , O ₂ , ATP, aparato de Golgi, citoplasma, lisosoma, mitocondria, reacciones, cromatina, núcleo, nucleolo.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Pared celular, célula vegetal, célula animal, procariota, eucariota, entropía, nutrientes, célula principios inmediatos inorgánicos, principios inmediatos orgánicos, ser vivo, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, nutrición, reproducción, relación, ATP, asexual, sexual, enlaces, gametos, sexualidad, energético, núcleo, cromatina, ADN, código genético, orgánulos, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, vacuola, lisosoma, membrana plasmática, ribosoma.
Cuestionario final 28/5/97	Células, reacciones, organismo, vida, vacuola, lisosoma, ATP, membrana, orgánulos, energía, glucólisis, fotosíntesis, entropía.
Entrevista. 12/6/97	Funciones vitales, entropía, vida, reacciones, células, organización, energía, ser vivo, procariota, eucariota, animales, vegetales, mitocondrias, vacuolas, orgánulos, nutriente, comunicación, ósmosis, lípido, centriolo, centrómero, cromátidas, membrana plasmática, hialoplasma, retículo endoplasmático, núcleo, división, glucólisis, nucleolo, lisosoma, aparato de Golgi, ciclo de Krebs, sistema inmunológico, cromosomas.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Membrana plasmática, citoplasma, núcleo, orgánulos, ribosomas, retículo endoplasmático, nucleolo, mitocondrias, vacuola, centriolo, cromosomas, lisosomas.	Orgánulos, membrana plasmática.	Hialoplasma.	Orgánulos, hialoplasma, vacuola.	Membrana plasmática, mitocondria, orgánulo, hialoplasma, dictiosomas, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vesículas, lisosomas, citoplasma, núcleo, ribosomas.	Membrana plasmática.	Núcleo, membrana, orgánulos, hialoplasma.	Núcleo, cromosomas, citoplasma, ribosomas.	Membrana, lisosomas, núcleo, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondria, vacuola, citoplasma.	Retículo endoplasmático, ribosoma, vacuola, aparato de Golgi, citoplasma, lisosoma, mitocondria, núcleo, nucleolo.	Pared celular, núcleo, orgánulos, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, mitocondria, cloroplasto, aparato de Golgi, vacuola, lisosoma, membrana plasmática, ribosoma.	Vacuola, lisosoma, membrana, orgánulos.	Mitocondrias, vacuolas, orgánulos, centriolo, centrómero, membrana plasmática, hialoplasma, retículo endoplasmático, núcleo, nucleolo, aparato de Golgi, cromosomas.	AG4,ctrl2,centrómero1,ctpl5,clpt1,crm a3,dictiosoma1,hlp15,liss7,mmbr9,mmb rplas6,mitc6, núcl8,nclo3,org8,paredcel1,RE6.REL1, RER2,rib6,vesc1.
Moléculas	Nutrientes, ácidos nucleicos, ADN, ARN.	Agua, sales minerales.	Nutrientes, glúcidos, lípidos, ATP, sales minerales, monosacárido.	Nutrientes.	Glúcidos, nutrientes, lípidos, proteínas, ATP, enzimas, ácidos grasos.	Proteínas, enzima, aminoácidos, holoenzima, coenzima, cofactor, nutrientes.	ATP, nutrientes, glúcidos, lípidos, proteínas, agua, sales minerales.	ADN, nucleótidos, ARN, ácidos nucleicos, ARN mensajero, cromátidas, ARN transferente.	Nutrientes, proteínas.	Nutrientes, CO ₂ , O ₂ , ATP, cromatina.	Nutrientes, principios inmediatos, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ATP, cromatina.	ATP.	Nutrientes, lípido, cromátidas.	Acgrasos1,AN2.ADN2,agua2,aa1,ARN2,ARNm1,ARNt1,ATP6,coenz1,cofactor1,cromát2,cromat2,enz2,glúc4,heteroenz1,líp4,monosac1,nucleótido1,nutriente10,PI1,prot5,sm4.
PROCESOS Mts.	Desechos, almacenamiento.	Metabolismo, anaeróbicos, heterótrofos, fermentación, fotosíntesis, autótrofos, aeróbicos.	Secreción, fermentación, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, anabolismo.	Reacciones metabólicas, almacén.	-	Reserva, catálisis, reacciones metabólicas.	-	Síntesis de proteínas.	Desechos, excreción.	-	-	Glucólisis, fotosíntesis.	Glucólisis, ciclo de Krebs.	Anb1,autóf2,catal1,cátalisis1,cKrebs1,desecho1,fermet2,ftst2,glucólisis3,heteróf2,mtb1,reactmbs2,secrec1,síntesis3,prot1.
Otros	-	Funciones vitales, transporte, ósmosis.	Ósmosis.	Funciones vitales.	-	Transporte, fagocitosis.	-	Transporte, mutaciones, poliploidía, haploidía, aneuploidía, funciones vitales, reproducción.	-	-	Nutrición, reproducción, relación.	-	Funciones vitales, ósmosis, división.	Aneuploidía1,euploidía1,fagocit1,funciones4,FV4,meiosis1,mut1,nut1,ósmosis3,rel1,rep2,rsex1,transporte3.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
								reproducción sexual, meiosis.						
CONCEPTOS GRALES:	Células, información genética, vida, energía, transformación.	Célula, vida, organización, reacciones, energía, organismo, procariota, animal, vegetales, materia, medio.	Vida, organismo, energía, animales, célula, vegetales, reacciones.	Células, renovación.	Energía, organismo, célula, animales, vegetales, procariotas, eucariotas, entropía, medio.	Organismo, reacciones, energía, animales, células.	Eucariota, procariota, célula, entropía, material genético.	Información, célula.	Célula.	Reacciones.	Vegetal, animal, procariota, eucariota, entropía, célula, ser vivo.	Células, reacciones, organismo, vida, energía, entropía.	Entropía, vida, reacciones, células, organización, energía, ser vivo, procariota, eucariota, animales, vegetales, comunicación.	Ani6,célula1 2,energía7,entropía5,eucariota6,genética1,información2, materia2,medio2, organismo6,organización2 ,proct5,react5,svv2,transformación1,vida5.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	Autoensamblaje, autosellado, fluidez, permeabilidad.	Linfocitos, inmunidad, anticuerpos, sistema inmunológico, antígeno, vacuna, suero.	-	Código genético, gametos, gametogénesis, sexo, alelos, codominancia, heterocigóticos, fenotipo.	-	-	Gametos, sexualidad, código genético.	-	Sistema inmunológico.	Anticuerpo1, antígeno1, autoensamblaje1, autoosella,código genético2,linfocitos1, inmunidad1, sistinmun2,gametogénesis1,sexo1,suero1 ,vacuna1, fenotipo1,gametos1,sexualidad1.
MODELO	B/(A)	A/(B)	A/(B)	A	A	B	A	A	A	A	A	A/(B)	A/(B)	A

Ángeles comienza el curso operando con ideas sueltas que son producto de repetición mecánica y que son pobres y escasas como muestran las respuestas a las siguientes cuestiones realizadas en el cuestionario inicial (18-10-96):

- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
- *“Constituye la base de la vida, dando lugar a organismos unicelulares o más complejos (pluricelulares).*
- *Constituida por tres partes (o en algunos casos dos) que serían: la membrana, el citoplasma y el núcleo.*
- *En el citoplasma contiene orgánulos que hacen una función concreta para ella indispensable.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- *“Funciona gracias a orgánulos que posee en el citoplasma.*
- *Para su funcionamiento es necesario oxígeno y nutrientes y expulsar CO₂ y desechos.*
- *Su funcionamiento es organizado por los ácidos nucleicos contenidos en el núcleo de la célula”.*

Estas frases, como decíamos, son repetitivas y responden bien a información contenida en los libros y trabajada en cursos anteriores, o bien a información discutida y comentada en las clases previas a la fecha señalada. Cuando se le pide que refleje gráficamente su funcionamiento, Ángeles no es capaz de elaborar ningún producto al respecto y, por el contrario, lo que sí hace es recurrir a una analogía autónoma para comunicarnos su idea de comportamiento, una representación que requiere establecer los símiles correspondientes, que en este caso son dinámicos, por lo que en su mente debe haber algo que permita dicho dinamismo.

“Su funcionamiento sería difícil de representar, debido a que hay que tener muchas cosas en cuenta. Básicamente su funcionamiento podría (ser) semejante al funcionamiento de un taller, donde se elaboran coches, donde a partir del esqueleto del coche conseguimos un coche como resultado. Para conseguir dicho resultado, hace falta la intervención de personas donde tengan una función concreta en el taller. Dichas funciones son indispensables, ya que todo ha de ser perfecto. Todo el proceso estaría supervisado por los "maestros" (ác. nucleicos), que dan las órdenes precisas para el correcto funcionamiento en el taller y para que el resultado sea brillante”.

Vemos en esta analogía que hay una idea de engranaje y de cierta jerarquía de procesos que es muy global y en la que hay poca interacción estructura/función; es una analogía, y eso es importante en términos de representación, pero lo es con el establecimiento de pocas inferencias y deducciones que sean biológicamente válidas, destacando en este sentido solamente la referencia a los ácidos nucleicos como elementos (¡sin determinar su nivel de organización!) que dirigen todo el proceso celular. Un comportamiento el que le imprime esta alumna a la célula muy pobre y, de hecho, la única respuesta a la pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

pregunta que también forma parte del mismo cuestionario, es:

“Para funcionar le hace falta energía, la cual la obtiene después de transformar nutrientes,”.

lo que se corresponde con explicaciones y conclusiones anteriores (llevadas a cabo en clase), respuesta en la que, como vemos, no se incorporan elementos de las respuestas a

las preguntas anteriores. En estos momentos, Ángeles muestra dificultades para plasmar de manera gráfica tanto la estructura de la célula como su funcionamiento, lo que se interpreta como una consecuencia de ese modo de operar con frases sueltas que se ha comentado. Cuando se le pide que exprese explícitamente cómo cree que es ese funcionamiento, nos encontramos con lo siguiente:

“A la célula le llegan nutrientes procedentes de las arterias, junto con el oxígeno. Todo esto es captado por la célula, e introducido en ella gracias a la membrana plasmática. Una vez dentro, los nutrientes son distribuidos en el citoplasma, llevándolos a determinados orgánulos, para transformación, almacenamiento, etc. Todo esto está supervisado por ácidos nucleicos (ADN, ARN). La célula expulsa los desechos a través de la membrana plasmática, al igual que el CO₂”.

“Su” célula básicamente es una estructura aunque sea capaz de modelizar un tímido e insuficiente comportamiento a través de la analogía a la que recurre o de las pinceladas mostradas en la respuesta anterior, como se desprende de cómo la representaría, no haciendo dibujo alguno de la misma a pesar de que se le solicita.

“En general la representaríamos la célula con forma redondeada, haciendo una diferenciación de las tres grandes cosas, que poseemos mínimamente de años anteriores, y serían: la membrana plasmática, el citoplasma y el núcleo. En el citoplasma se colocarían unos pequeños puntos, que representarían los orgánulos que el citoplasma contiene (ribosomas, retículo endoplasmático, ..., etc). En el núcleo a su vez, se podría hacer una diferenciación de un núcleo dentro del mismo, que posee información genética, aunque hay células que carecen del mismo”.

Una célula-estructura es lo que nos ha descrito Ángeles, una célula que tiene un núcleo dentro de otro, lo que quiere decir que incluso su representación estructural es biológicamente insuficiente. Lo anterior contrasta con la respuesta dada en el examen de Origen de la Vida (18-11-96) a la pregunta:

- ¿Consideras que la presencia en un tubo de ensayo de todas las moléculas de la materia viva nos daría como resultado una célula ?. Explica las razones en las que fundamentas tu opinión utilizando, al menos, cuatro de los ocho o diez posibles argumentos que hemos trabajado.

“Yo pienso que no daría una célula ya que la célula es una unidad anatómica fundamental dotada de vida. Si metiésemos las moléculas de la materia viva, es decir, materia orgánica en un tubo de ensayo, sólo tendríamos materia viva que reacciona pero nada más.

La célula es el resultado de una organización interna ya que la célula se organiza interiormente por unos orgánulos, los cuales tienen una función determinada dentro de la célula, mientras que no hay organización en la probeta.

La célula posee vida debido a las reacciones que se dan dentro de ella, mientras que si metemos materia orgánica no se produce la vida.

La célula necesita nutrirse para tener dentro de ella unos cambios de energía para que se produzca la vida y haga sus funciones vitales”.

Amén de los problemas de expresión y de algún error biológico (no considera la materia inorgánica) es evidente que la respuesta anterior supone un discurso articulado, eso sí, en forma de frases sueltas, argumentos no hilvanados en función de un hilo conductor claro, pero un discurso que responde a un procesamiento de la información recibida y estudiada que permite el establecimiento de las inferencias que Ángeles elabora en el mismo. Obsérvese que en sus diferentes párrafos o bien atiende a estructura o bien a procesos, aunque muy generales. Cuando también en este ejercicio se le pide que explique "célula", vuelve a una idea muy simple repitiendo mecánicamente una frase libresca:

“Es la unidad anatómica y biológicamente fundamental, ya que ella está dotada de vida”.

que, como se muestra, no es más que una pobre definición. El modelo mental de célula que ha construido Ángeles es claramente pobre en su capacidad explicativa, maneja escasos elementos y con ellos, como es lógico, presenta un poder explicativo limitado que no es más que el reflejo de una comprensión también pobre y limitada. Y esto se refleja de igual modo cuando lo que tiene que hacer es hacerle frente a situaciones problemáticas en las que se requiere deducción e inferencia; también en ello sus limitaciones son evidentes, como muestra el siguiente registro.

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchán y arrugan.
- ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
- Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“La explicación que podría darse es que, al morir las medusas, su concentración de sal es menor que la del agua que la(s) rodea, formando así un sistema en el cual se produciría la ósmosis, ocupando la posición de hipotónico la medusa. Una vez muerta la medusa, intenta(n) sus células igualar las concentraciones salinas, expulsando agua al exterior, con lo que quedan con ese aspecto arrugado y des(h)inchada.

La hipótesis estaría basada en la regulación de la concentración salina entre los organismos y el medio que los rodea. Las actividades que yo propondría para comprobar esta hipótesis son:

- *Comernos un plato de pescado salado. Veríamos que mientras comemos en nosotros se daría el fenómeno de la sed, con lo cual, el organismo trata de regular la gran concentración de sal que posee con lo que bebe agua para regularlo.*
- *Bañarnos durante treinta minutos en agua de mar. Observaríamos que nuestros dedos, mejor dicho, la(s) yema(s) de nuestros dedos se arrugan, debido a que el medio que nos rodea (agua-sal) (agua de mar) posee una concentración mayor en sal que nuestro organismo, con lo cual, nuestro organismo suelta agua para poder igualar las concentraciones”.*

Esta pobreza vuelve a manifestarse, fundamentalmente en términos de argumentos, a la pregunta formulada en el examen siguiente de Glúcidos (9-12-96):

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.

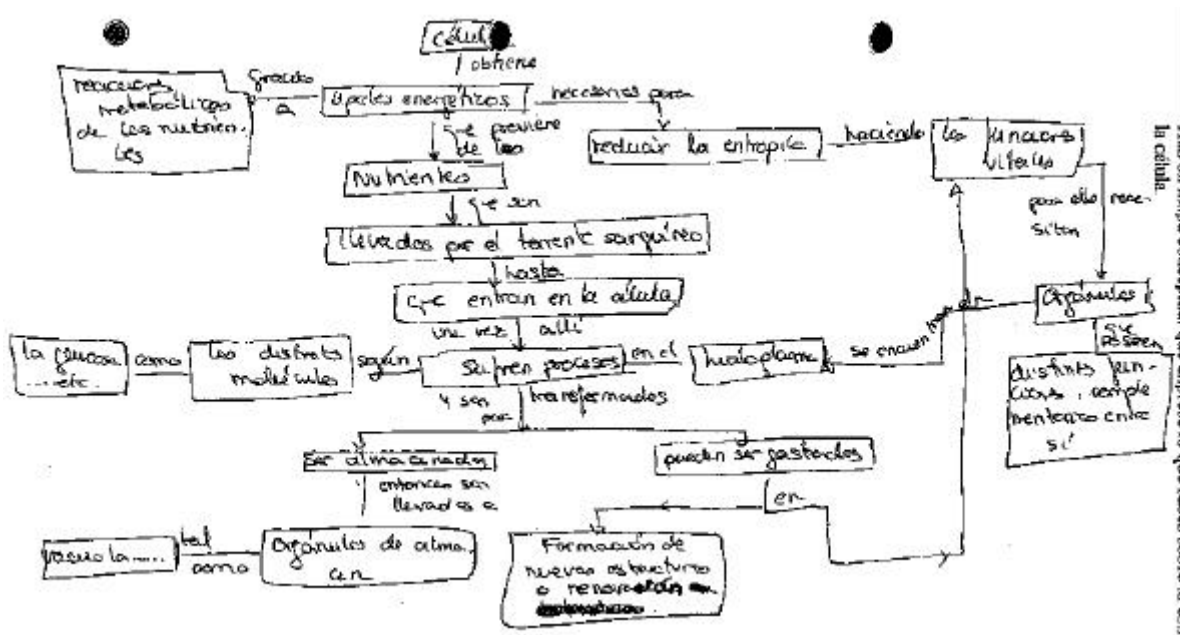
Ángeles contesta:

- a) *“Porque a través de la fermentación no obtiene mucha energía.*
- b) *Es verdad que las células animales respiran, pero el proceso que se describe en la pregunta, es la fase luminosa, la cual no necesita oxígeno, ya que cuando las células vegetales están en la fase oscura, empieza a formar parte del proceso el CO₂ y el O₂.*
- c) *Sí, los vegetales realizan el catabolismo autótrofo, con lo cual forman productos orgánicos, a través de transformaciones o reacciones de moléculas inorgánicas (sales minerales,, etc), mientras que los animales hacemos el catabolismo heterótrofo, en el cual formamos sustancias nuevas indispensables o aprob(v)echables por nosotros, partiendo de sustancias creadas por los vegetales.*

d) No, porque no poseería el aporte energético para realizar sus funciones, ósmosis, formación de estructuras, ..., etc”.

Son evidentes los problemas de comprensión que manifiesta Ángeles confundiendo, por ejemplo, anabolismo y catabolismo (lo que ocurre varias veces en el ejercicio) por no tener una idea clara de la finalidad de los mismos, no captar la esencia del comportamiento celular, no modelar esa célula que se ve obligada a manejar y para la y lo que necesita ese modelo como intermediario. Y al no manejar los elementos necesarios para su comprensión, recurre a usar ideas sueltas, proposiciones aisladas para las que ésta su representación tiene escaso significado, si es que tiene alguno, pues son simples frases que no puede interpretar a la luz de un modelo comprensivo que no tiene, que no ha construido. En su mente, esa información ha operado como un conjunto de indeterminaciones que su modelo no puede procesar. Obsérvese cómo, de hecho, hasta cuesta pensar que esté hablando de una célula, que haya representado esa célula si atendemos a que no hay nada estructural que lo evidencie en la respuesta a las tres primeras cuestiones. El examen incluía el contenido relativo a qué son, cómo son, dónde están y cómo funcionan los glúcidos y, por lo tanto, entre otros contenidos, el metabolismo energético, por lo que, en función de eso, la riqueza de argumentos para razonar la respuesta era importante y, como hemos visto, sólo se usa una frase que tiene su origen en repetición mecánica de lo trabajado en clase.

Veamos el primer mapa conceptual que hace esta alumna (8-1-97) para reflejar la estructura y el funcionamiento celular que hasta ahora ha procesado.



Como podemos ver, no es un mapa conceptual, ¡no son conceptos! lo que seleccionó Ángeles; se muestra una gran arbitrariedad en lo que ha hecho que, en todo caso, une con nexos extremadamente simples dando como resultado proposiciones que no tienen significado biológico alguno -¿lo tendrán para ella?-. No parece probable que tenga mucho y ello también se desprende de la explicación que hace del trabajo que nos entrega.

“La célula necesita aportes energéticos o ATP para realizar sus funciones vitales y así reducir su entropía, o viceversa. Dichos aportes energéticos, son conseguidos gracias a las reacciones metabólicas de los nutrientes. Los nutrientes, son absorbidos en el intestino y llevados por el torrente sanguíneo hasta la célula. Los nutrientes, han de entrar en ella.

Una vez allí, en el hialoplasma, se producen reacciones metabólicas o procesos, que son distintas según el tipo de molécula, así, si es glucosa, ha de transformarse en ácido pirúvico para luego, seguir diferentes caminos. El fin de estos caminos, tras haber realizado diferentes procesos son: ser almacenados, por lo que son llevados a unos orgánulos especiales, como podría ser la vacuola, o gastados, pudiendo tener de nuevo(s) diferentes caminos como: - ser gastados en la renovación o la creación de nuevas estructuras, o ser gastados, con el fin de hacer sus funciones vitales, lo cual requiere unas estructuras denominadas orgánulos, las cuales se encuentran en el hialoplasma y tienen funciones distintas, pero a su vez complementarias, es decir, poseen unas funciones determinadas pero, puede darse el caso, en que una estructura es dependiente de otra o que "termina" el "trabajo" que empezó otra estructura".

¿Qué detalles son destacables de la explicación anterior? En primer lugar, su forma de puntuar su discurso, lo que muestra sus dificultades explicativas; y en segundo lugar, resulta curiosa la idea de transformaciones y de procesos que manifiesta, con frases sueltas y deslavazadas, pero una idea de comportamiento, al fin y al cabo, que en el mapa conceptual en sí no se plasma. ¿Qué célula es la que representó Ángeles cuando hizo esto? No parece probable por su forma de expresarse que toda esta información fisiológica tenga significado en su modelo mental de esta entidad de la que nos habla. En el examen de Lípidos (26-2-97) se vuelve a pedir que se explique el concepto "célula". La respuesta es la siguiente:

"Unidad mínima de materia viva. Ésta se puede diferenciar de dos tipos: células procariotas y eucariotas. Generalmente, dentro de su estructura se divide en tres partes fundamentales: membrana, citoplasma y núcleo. Dentro de la célula eucariota diferenciamos orgánulos o estructuras orgánicas con determinadas funciones que son necesarias para el normal funcionamiento de la célula. La célula necesita del medio para conseguir nutrientes y reducir su entropía".

Nuevamente vemos frases sueltas propias de repetición y con poco grado de elaboración y procesamiento de la información en un esquema o modelo global, como muestra la nula aplicación del concepto "procariota" al definir como parte fundamental el núcleo en la frase siguiente. ¡No usa ni un solo concepto funcional en todo el ejercicio!, lo que nos lleva a pensar que sólo ejecutó una célula-estructura ante el mismo, una célula en la que esta vez sí que ha usado abundantes elementos estructurales, y, consecuentemente, con una representación semejante, su capacidad de anticipar y de razonar válidamente es muy limitada, como vemos a continuación:

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen "liposomas". Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

"Los lípidos poseen varias características (autoensamblaje, autosellado, fluidez, ... etc), que podrían justificar el uso de estos productos. La hipótesis sería la siguiente: estos productos poseen liposomas y ceramidas porque poseen una estructura lipídica igual que la membrana plasmática, de forma que los liposomas actuarían como transportadores de sustancias beneficiosas para la célula. El transportador, una vez aplicado sobre la membrana, internaría en ella sin tener ningún problema, ya que la membrana posee la característica de autoensamblaje y autosellado, es decir, la membrana aceptaría al transportador y, además, se podría reconstruir sin ningún problema. El paso de las sustancias transportadas estaría explicado por el dinamismo de la membrana, es decir, la fluidez que ésta posee gracias a las proteínas y fosfolípidos (éstos poseen libertad de movimiento horizontal en la membrana).

Dos actividades para poder demostrar mi hipótesis serían:

- *meter dichas cremas en agua, o mejor los liposomas y ceramidas en agua. La conclusión que sacaríamos es que no se disuelven, ya que están formadas por lípidos.*
- *La membrana actuaría como una pompa de jabón ante la presencia de los transportadores, es decir, la membrana aceptaría a los transportadores de una forma similar al que acepta una pompa de jabón a otra. La experiencia radicaría en poner una pompa de jabón sobre otra, viendo que la primera acepta a la segunda, formando una estructura mayor”.*

¿Qué es lo que quiere demostrar Ángeles? Su forma de aplicar las ideas y contenidos que se han trabajado relativos al funcionamiento celular, como vemos, es muy confusa, no recurriendo nada más que a frases sueltas que en esa aplicación han perdido todo significado y que no parece que se manejen desde la óptica de una comprensión global de los procesos que relaciona, no se usan a la luz de una explicación coherente que les dé sentido. El examen de Proteínas (14-3-97) incluyó un texto que planteaba el problema de la catálisis en la materia viva; la pregunta formulada fue:

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 ° ; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.

La única argumentación ofrecida por Ángeles dice así:

“Las células lo resuelven con el uso de enzimas, las cuales aceleran estas reacciones sin la necesidad de aumentar la temperatura”.

Nuevamente nos encontramos ante una simple frase que, a juzgar por lo expresado, no muestra que se haga referencia a una explicación más global o a que esta nueva información, este nuevo contenido, se haya incorporado e integrado en la misma; no parece que Ángeles disponga en este momento de un bagaje conceptual suficiente como para dotarla de poder o capacidad explicativa y predictiva relativa a la estructura y, sobre todo, al funcionamiento de la célula, en este caso, como muestra su respuesta a una pregunta que es claramente de razonamiento. Otro ejemplo de este modo proposicional de trabajar lo tenemos en su respuesta al papel de los enzimas en la estructura y en el funcionamiento celular.

“Si nuestro organismo no tuviera enzimas, nuestras reacciones metabólicas serían lentas, muy lentas, con lo cual nuestro organismo actuaría de forma defectuosa, debido a dicha lentitud”.

¿Y cómo razona en términos biológicos? ¿De qué manera ejecuta su modelo ante situaciones problemáticas? Veamos un ejemplo.

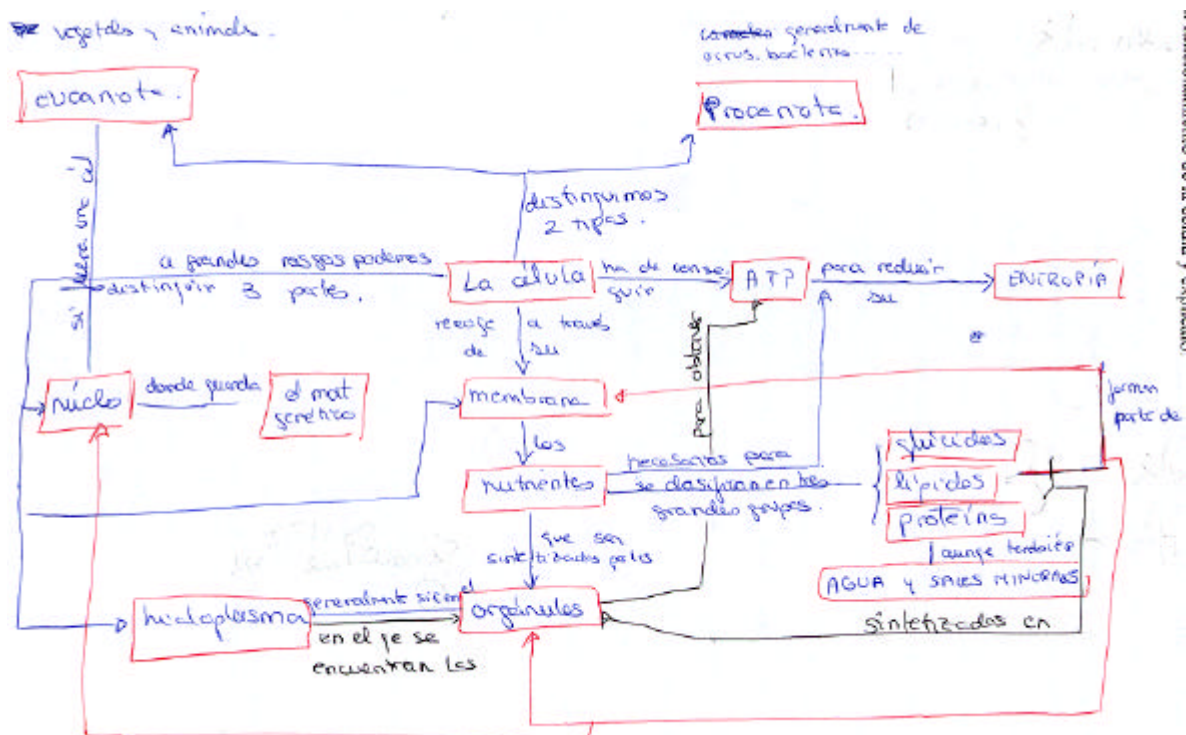
- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?

- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

“Las plantas de cultivo no mueren, ya que pueden sintetizar estas proteínas, una vez que están dentro de ellas. La mayoría de los agricultores, debido al gran potencial que tienen los herbicidas no exponen sus plantas de cultivos a una muerte segura, por lo que, cuando (h)echan los herbicidas, procuran que la cantidad que les llegue sea mínima, y con dicha cantidad, las plantas de cultivos pueden vivir. También podría deberse al sistema inmunológico de la planta de cultivo, ya que puede ser un herbicida que no les haga daño porque son inmune(s) a ellos, o porque están acostumbradas a ese herbicida, con lo cual ya son inmune(s) a ello.

La hipótesis sería la siguiente: si una planta estuviera acostumbrada a recibir pequeñas dosis de herbicida, cada x tiempo, llegaría un tiempo en el cual, esa dosis no les hiciera (haría) nada, mientras que puede matar a otras que no están inmunizadas al herbicida”.

En este examen, Ángeles usa muy pocos conceptos organulares y abundantes conceptos moleculares; también recurre a algunos funcionales. Podría interpretarse en su conjunto como el resultado de haber ejecutado un submodelo funcional que es claramente insuficiente en lo que a sus elementos se refiere, desde el punto de vista biológico, ¡claro está!; da la sensación al observar lo anterior de que eso es así si atendemos a que hay una mayor capacidad explicativa que en los registros anteriores, una cierta articulación de las ideas que, en todo caso, no se manejan como una entidad única en la que establecer correlaciones que esta joven aún no ve. Su segundo mapa conceptual no supone grandes diferencias con respecto al anterior si exceptuamos que ahora sí que ha seleccionado conceptos; ¡no hay nada de funcionamiento!, “su” célula no actúa, no tiene vida.



El examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) formulaba la pregunta:

- ¿En qué medida la estructura y el funcionamiento de la célula dependen de los ácidos nucleicos?

La respuesta de Ángeles es:

“La célula podría decirse que depende por completo de los ácidos nucleicos. Son ellos quienes se encargan de todo el funcionamiento de la célula. El ADN contiene la información genética. Dicha información contiene todo tipo de órdenes vitales para la célula (síntesis de proteínas, secuencias de órdenes, transporte, ...). El ARN, con sus diferentes tipos, son así mismo indispensables porque se encargan de transportar el mensaje del código genético que le viene tras la síntesis del ADN (ARNm) y lo lleva a los ribosomas, otros tipos de ARN (ARNt, ARN ...) se ocupan de otras funciones igualmente trascendentales para la célula”.

Si bien es cierto que el discurso mantiene algo más de coherencia en términos de la calidad de sus párrafos, éstos son simples y, sobre todo, en lo que al uso de la información se refiere, sigue manteniendo un esquema de repetición mecánica en el que no hay una organización autónoma de la información y no se detectan aplicación o relaciones con otros contenidos ya trabajados, no se recurre a conceptos ya vistos que justificarían esas explicaciones, no se lleva a cabo una reconciliación integradora de todo lo estudiado, no se hacen referencias a la estructura de la célula y al papel que en ella tienen los ácidos nucleicos o al metabolismo y a la imposibilidad de llevarlo a cabo sin los mismos. Ante la demanda de interpretar unos dibujos para ver en qué medida reflejaban la estructura y el funcionamiento celular (12-5-97), esta alumna nos entrega un producto similar a lo que ya conocemos de ella. Usa frases librescas que no se articulan en una redacción sino que no son más que eso, proposiciones aisladas que repite mecánicamente; su capacidad de extraer información de las viñetas y de deducir de las mismas es pobre. Lo que hace es una relación de elementos añadiendo aquello que hacen en la célula, es decir, su papel biológico, pero incluso con errores, no advirtiéndose más que un catálogo de cosas y funciones. No usa más que conceptos estructurales, básicamente organulares y en el aspecto comportamental, es decir, en lo que se refiere a aquello que hace que una célula sea la unidad de vida, su esencia que no es otra que su dinamismo, sólo usa dos conceptos que, además, son extremadamente generales. Veamos los que nos entregó:

“La membrana deja paso a las sustancias o nutrientes indispensables para el correcto funcionamiento. también posee la misión de excretar sustancias de desecho, que ya han sido utilizadas, y sacándoles el máximo aprob(v)echamiento energético.

El lisosoma actúa como agente limpiador, ya que va limpiando la célula, es decir, son los encargados de destruir sustancias gracias a su jugo tan potente.

El núcleo actúa como un procesador, ya que es el encargado de mandar órdenes y de recibir órdenes, para las cuales envía otro. Es el responsable del correcto funcionamiento de la célula.

El retículo endoplasmático rugoso hace la función de sintetizar proteínas, gracias a los ribosomas que tiene adheridos a su pared.

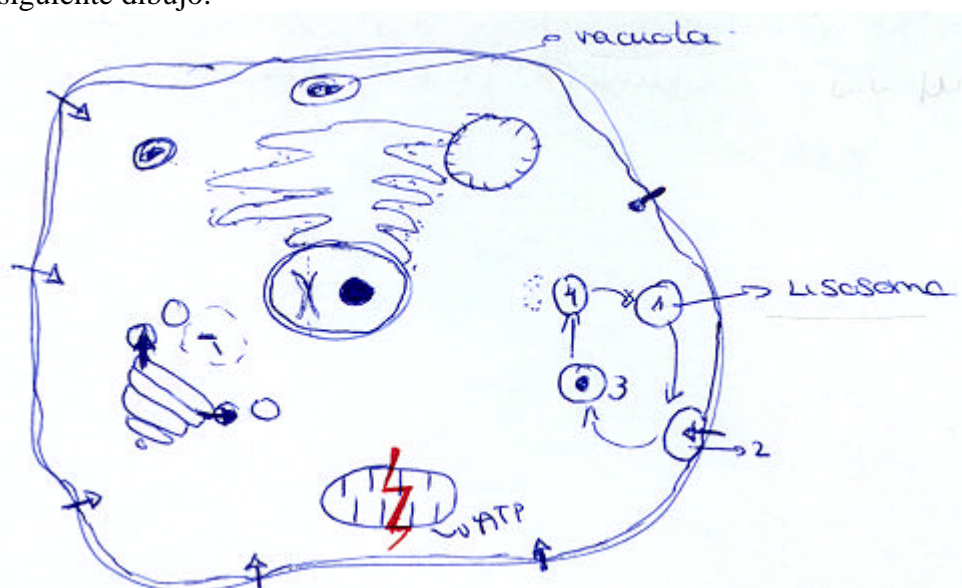
La mitocondria es la encargada de sacar el máximo rendimiento energético de las moléculas y almacenarlo para su posterior utilización.

Vacuola de almacenamiento responsables de guardar sustancias de provecho para luego ser utilizadas cuando la célula lo necesite.

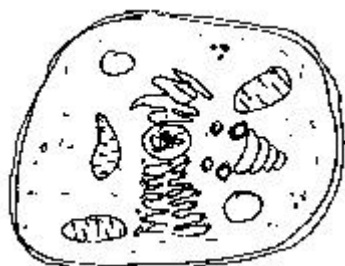
La vacuola digestiva es la encargada de romper enlaces entre los nutrientes, y dejarlos almacenados para su posterior excreción al citoplasma”.

Con objeto de valorar la capacidad de plasmar de manera gráfica la información trabajada, se solicitó realizar un dibujo que reflejara la estructura y el funcionamiento de una célula (16-5-97). Ángeles en esta ocasión responde a la tarea asignada construyendo un diseño en el que identifica diferentes elementos organulares y eso ya, de por sí, llama

El cuestionario final (28-5-97) es igual al inicial (18-10-96). Las frases que utiliza Ángeles son similares o aún más pobres (unidad mínima de vida, funcionamiento ordenado y sincronizado). En esta ocasión no aparecen analogías y en la misma pregunta en la que al principio se relacionaba a la célula con un taller, ahora aparece el siguiente dibujo:



Se muestra un dibujo limitado en estructuras pero al que Ángeles le imprime un cierto dinamismo a través de las flechas que usa. Ante la demanda de representar una célula y de hacer un dibujo de la misma, ahora no explica nada y nos presenta lo siguiente:



Una simple, ¡muy simple!, célula, un “huevo frito”; una entidad que en su mente ha ganado muy pocos elementos, como se ve en su evolución conceptual, aunque los identifica con mayor claridad, y que puede “ver” pero de manera tan simple y estática como acabamos de ver. No parece que Ángeles esté razonando acerca de la célula con imágenes, no parece que esta simple imagen sea una vista o visión de un modelo mental comprensivo, un modelo que la dote de poder explicativo y predictivo al respecto. Lo siguiente corrobora estas afirmaciones.

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Le hace falta vida para poder realizar su correcto funcionamiento.

Una membrana para que delimite, y orgánulos para el funcionamiento de la misma”.

¿En qué hace descansar esta estudiante la condición de vida? Por sus respuestas, se ve que para ella eso es importante pero que no ha generado explicación alguna que dé cuenta de ello.

Se realizó una entrevista final (12-6-97) individual Al hilo del concepto "célula" Ángeles responde:

ML: ¿qué piensas tú sobre esto?

Ángeles: *pues célula es no sé, la unidad mínima que puede tener vida, que dentro de ella tiene lugar algunas reacciones de las que se saca energía que es laaa, la que yo utilizo para disminuir mi entropía ¿no?*

Se observa, como vemos, una cierta elaboración personal en la información, si bien es cierto que tiene componentes librescos de repetición de información de manera mecánica. A la petición de que se describa la imagen que genera en la mente una serie de conceptos biológicos, se observa que en la mayoría de ellos no se hacen referencias a célula como imagen central, no construye o visualiza los elementos nombrados en función de una imagen global de célula, lo que muestra una baja conceptualización biológica. En sus respuestas utiliza frases cortas no articuladas como párrafos, no estructuradas en un discurso coherente y, básicamente, son producto de repetición mecánica, no observándose una incorporación significativa de la información. Puede servir de ejemplo el siguiente extracto:

ML : lo primero que ves es eso. Célula ¿qué ves ?

Ángeles : *la célula la eucariota.*

ML : la eucariota, ¿Me la describes ?

Ángeles : *pues es redondita, con el núcleo ... bien diferenciado, ... que se ven todos los orgánulos alrededor.*

ML : ¿qué ves, qué ves ? vete contándome.

Ángeles : *pues la membrana plasmática ... redondita, yyy pues la mmm que tiene los poros de la membrana, loos, el hialoplasma que está allí, ¡eh ! la mitocondria, las vacuolas y todos los orgánulos y luego el retículo endoplasmático que está unido a, como si fuera una pelotita ¡jajaj !*

ML : ¡mj !

Ángeles : *que es el núcleo.*

ML : vamos a ver, esa imagen que me acabas de describir ¿es plana o tiene volumen ?

Ángeles : *tiene volumen.*

ML : tiene volumen.

Ángeles : *volumen pero...*

ML : no, la que tú estás viendo ... la que tú estás viendo.

Ángeles : *más bien plana.*

ML : la que tú has visto es plana. [...] La que tú has visto es plana.

Ángeles : *sí.*

ML : ¿y la que tú has visto es una imagen fija, estática o tiene movimiento ?

Ángeles : *estática.*

ML : estática.

Ángeles : *aunque tiene movimiento.*

ML : ... ¿aunque tiene movimiento, es estática ?

Ángeles : *sí ¿no ? ¡eh ! la imagen es.*

ML : tu imagen.

Ángeles : *mi imagen, claro ; entonces está, es estática.*

ML : la tuya es estática. Catabolismo ¿qué imagen te sugiere ?

En la misma entrevista, se muestra una foto de microscopía electrónica para comparar la imagen personal con dicha foto y, también, para interpretarla con objeto de registrar, observar, la forma de establecer inferencias y deducciones desde la propia representación hacia la foto; cuando ésta se le muestra a Ángeles, reconoce que es una imagen de una célula pero no se parece a la suya. El diálogo que se desarrolla es el siguiente:

ML : ¿un montón de diferencias ?
 Ángeles : sí.
 ML : ¿me las vas diciendo ?
 Ángeles : ... *pueees la membrana que yo había puesto que era redondita pues se ve que tiene como ... no es re , no es totalmente redonda ... ni ... ovalada siquiera, sino ... con, como en una estructura ¿no ? que encaja justamente de, de algo ... todos los dobleces.*
 ML : ¿y aquí no ?
 Ángeles : *no, ésta es ... ésa ; la mía es ... redondita, la típica redondita.*
 ML : ¡aja ! ... ¡ya ! ¿qué más diferencias hay ?
 Ángeles : *el color, la forma ... ¡mmm ! todo ¡mjhmjh !*
 ML : ¿en interior ?
 Ángeles : *todo.*
 ML : ¿todo ?
 Ángeles : *todo porque la fórmula de la mitocondria es la típica ¡chos ! del trabajo ... y aquí pues no.*
 ML : aquí no. ... ¿Qué más diferencias hay, Ángeles ?
 Ángeles : *..., ... no sé, demasiadoo, demasiados puntitos negros yo qué sé qué representa ahí, el hialoplasma ¿no ?*
 ML : demasiados puntitos negros, ¿la tuya no tiene todo esto ?
 Ángeles : *la mía se da por ... ¡jjjj ! supuesta.*
 ML : se da por supuesta. ¿pero qué es ? ¿más dispersa ?
 Ángeles : *sí.*
 ML : más dispersa. Vamos a ver, ¿esto es real ?
 Ángeles : *sí.*
 ML : esta sss, esta foto es real.
 Ángeles : *sí.*
 ML : ... ¡eeehhh ! pero no tenemos aquí una célula ni la célula tiene este tamaño. (..) no tenemos una célula ni la célula es de este tamaño ¿no ?
 Ángeles : *¡mj !*
 ML : entonces, ¿esto podríamos decir que es un análogo, estructuralmente es un análogo a una célula ? ¿a la célula que representa ?
 ...
 ML : similar.
 Ángeles : *similar, sí*
 ML : esto es algo similar a la célula que representa.
 Ángeles : *no, a la, a la imagen de, de la célula ¿no ?*
 ML : a la imagen de la célula. Yyy el modelo que tú tienes, la imagen que tú tienes ¿es análoga o similar a lo que es de verdad una célula ?
 Ángeles : *¡mmm ! sería un modelo ¿no ?*
 ML : ¡ah ! sería un modelo ¿por qué un modelo ?
 Ángeles : *... porque estaría nada más que ... una mitocondria, una vacuola, looo, lo que hay realmente dentro de la célula pero nada más que habría uno o dos de cada cosa y poniendo comooo ... un dibujo que no corresponde, correspondería a la realidad pero nooo, no sería ... igual sino parecido.*

Ángeles manifiesta tener un modelo en su mente para representar la estructura de la célula que es análogo a la misma, es más simple pero sólo atiende a su estructura; pero cuando hablamos de un posible modelo para funcionamiento, cae en una contradicción: tiene el mismo modelo pero no sabría representarlo.

ML : esta foto es de estructura de una célula. ¡Eh ! si yo te dijera qué modelo tienes para ¡aaahhh ! explicar el funcionamiento de una célula ¿qué me dirías ?
 Ángeles : *¿qué modelo ? ... pues el mismo, lo que, lo que pasa es que para el funcionamiento ... es más difícil porque no sabría ... representarlo.*
 ML : no sabes representar el funcionamiento de una célula.
 Ángeles : *no sabría representarlo eeennn ..., no sabría representarlo en, en un dibujo, yo qué sé, a la mitocondria a lo mejor ponerle la ... como un trono ¿no ? que pone energía para no sé qué, pero representarlo paso por paso no sabría.*

ML : no, ¿pero tú tienes en tu mente un modelo de cómo funciona la célula ?
Ángeles : sí, más o menos.
ML : ¿cómo es ?
Ángeles : pues.
ML : sí, más o menos, me acabas de decir.
Ángeles : sí.
ML : ¿cómo es ?
Ángeles : *pues las vacuolas serían como ¡mmm ! almacenes donde vas poniendo los nutrientes o yo qué sé, cualquier cosa que la célula le interese y cuando necesita, pues van al almacén y lo sacan; laaa mitocondria sería una central eléctrica ¿no ? que produce energía necesaria ... el núcleo, pues no sé, sería también otra especie deee almacén ¿no ? donde tienen guardados los ... computadores o, o algo ¿no ?*
ML : eso lo estás viendo, cuando me estás hablando, estás viendo esa imagen en tu mente.
Ángeles : sí.
ML : ¡ya !
Ana : *sí, no sé ; los lisosomas pues ... ¡hj ! pueden ser uuunnn ... una bolita que destruye las cositas.*
ML : una bolita que destruye las cositas.
Ana : *¡jeje ! yo qué sé, una bolita que destruye ... o que simplifica nutrientes ooo lo hace más sencillo ooo [...].*

Obsérvese cómo recurre a distintas analogías para los diferentes orgánulos pero por separado, no integrándolas en un funcionamiento global; además, son analogías muy similares a las surgidas en una actividad desarrollada en clase. Muestra dificultades en la organización de la información relativa a la fisiología celular, pero organizaría una exposición de la misma en función del orden temporal de los procesos celulares.

Ana : *sí, se supone que, que entran nutrientes por la membrana, queee la célula los coge, los lisosomas, loos vuelven ¡tch ! los reduce, luego se quedan ... en menor tamaño, luego esos nutrientes van aaa, a vacuolas si se quiereee almacenar, van a y eso sufren reacciones químicas en el hialoplasma ¿no ? luego entran eeennn la mitocondria, sufre otros procesos de donde se saca energía.*
ML : Ana, me estás explicando de funcionamiento bastantes cosas ; ¿qué estás usando en ese momento para decirme lo que me has dicho ? ... Estas usando texto, estás usando imágenes.
Ana : *texto, texto.*
ML : sólo texto.
Ana : *texto yyy sí.*
ML : ¿de dónde sale ese texto ?
Ana : *... de lo que hemos estudiado.*
ML : ¿pero mentalmente dónde lo tienes y cómo lo tienes ?
Ana : *... pues reburujado ¡jajajaj !*
ML : todo reburujado.
Ana : *sí.*
ML : pero has sido capaz de irlo organizando.
Ana : *¡psí ! ... es que.*
ML : ¿qué has usado para organizarlo ?
Ana : *... no sabría decir, yo qué sé, el ... proceso mental que yo creo que tiene ¿no ? el entrar y una vez que se ve dentro lo que, lo que pasaría.*
ML : lo que pasaría, bien. Vamos a ver, ¿tú crees que tu modelo de célula ha evolucionado a lo largo de este curso ?
Ana : *sí.*
ML : sí. Porque me acabas de decir que no eres capaz de explicar el funcionamiento de una célula sino que tienes ideas sueltas, es lo que te entendí ?
Ana : *sí.*

Como ya se expresó, cuando tiene que enfrentarse al comportamiento celular, lo que hace es manejar ideas sueltas, proposiciones aisladas a las que le cuesta darle

sentido porque no las interpreta a la luz de un modelo global que la dote de comprensión. Cuando hablamos de la evolución de su modelo, comenta lo siguiente:

Ángeles : pueees en 3º lo que se daba era el modelo que yo tengo ¿no ? el ... el, el modelo que en el que está la mitocondria, la vacuola y aquí te das cuenta de que ... hay bastantes más de, de una o dos que tú sueles poner, de que ... es más pequeña de lo que, de lo que yo tenía idea, de queee tiene el funcionamiento es más complejo de lo que yo creía

Su modelo no es el mismo que el que tenía al principio de curso, pero es un modelo que no está aumentando en gran medida su poder explicativo y predictivo; es curioso que cuando habla en términos genéricos de la célula, siempre nombra los mismos elementos estructurales (mitocondrias, vacuolas). ¿Por qué para ella tiene poco poder explicativo y predictivo? Al final de la entrevista, se le enseña a Ángeles todo el material que ha generado a lo largo del curso; la conversación que se produce es la siguiente:

ML : ¿demuestra que realmente has aprendido más de lo que piensas ?

Ángeles : supongo ¡mjmj ! ... yo todavía no, no sé, yo pienso queee lo que yo he estudiado en Biología ya ha sido en el momento porque yo, a mi luego se me olvida ... y ahora mismo estoy cero, o sea que verlo, para mi ... no sé.

ML : ¿qué ha supuesto ?

Ángeles : pues ¡ajhahj ! primero darme cuenta de la mala memoria que tengo ... y yo qué sé, ... relacionar lo que de momento sí soy capaz de relacionarlo todo cuandoo lo estudio yyy sé más o menos de lo que va, pero ya luego.

A juzgar por estos comentarios, no parece que se haya "guardado" nada, no parece que haya nada que Ángeles pueda recuperar de su memoria a largo o a medio plazo; este diálogo muestra las dificultades que hemos detectado en esta alumna a lo largo del curso para ir diferenciando progresivamente el contenido trabajado y para ir reconciliando, también poco a poco, la nueva información, para ir integrando esos nuevos conceptos, ¡muchos, sin lugar a dudas!, en una representación coherente, en un modelo explicativo y predictivo. De este modo, claro está, con esta forma de operar mentalmente, Ángeles puede llevar a cabo poca revisión recursiva y la que su estructura mental -cognitiva- le permite es claramente insuficiente como ella misma detecta y reconoce.

Las producciones y verbalizaciones de Ángeles reflejan las dificultades de argumentación que está teniendo esta alumna, sus problemas para recuperar la información y para aplicarla en un contexto diferente, para utilizarla en términos explicativos, muestran un panorama cognitivo limitado a frases hechas que han seguido una evolución pobre y una reestructuración, una diferenciación y una reconciliación insuficientes, una revisión recursiva lenta, limitada también, y poco eficaz. Atendiendo a los datos obtenidos de Ángeles, parece detectarse que ha operado prioritariamente con elementos que podríamos incluir en los dos primeros conjuntos (elementos y propiedades y características de los mismos); de hecho, se produce un enriquecimiento a lo largo del curso de elementos o estructuras celulares representadas por esta joven, así como un aumento, también, aunque menos significativo en su uso, de propiedades de esos elementos en la medida en que es capaz de determinar de mejor manera la composición y la estructura de distintos elementos celulares, lo que se muestra, por ejemplo, en sus últimos dibujos, y esto se supone que es así porque los representa de manera más rica, más compleja. Pero parece evidente que donde está teniendo mayores dificultades es en establecer relaciones entre estos conjuntos y los procesos celulares, en definitiva, en representar lo que hemos considerado como tercer conjunto (procesos e

interacciones), lo que la lleva a mostrar serios problemas para establecer deducciones e inferencias, a tener poca capacidad explicativa y predictiva, a no recuperar, o a hacerlo con dificultad, información ya trabajada, ¡a no recordarla!, y a acudir a repetición mecánica, al uso de frases sueltas, a operar sólo con proposiciones ante elementos que suponen dar cuenta del funcionamiento de la célula; ha construido una representación en la que incorpora como elementos sueltos los diferentes orgánulos como si de una suma o adición se tratara.

Como síntesis, podemos decir que Ángeles comienza operando con ideas sueltas que son producto de repetición mecánica y que son pobres y escasas; tiene muchas dificultades para plasmar en una imagen su célula -su estructura-. A lo largo del curso logra identificar algunos elementos estructurales más; maneja profusamente conceptos pero esos conceptos no están integrados en un modelo -son producto de repetición mecánica- que siguen siendo difíciles de plasmar en una imagen, si bien en este aspecto, aunque tímido, se ve un avance en su representación. Se observa cierta organización en la información, a pesar de esa repetición, lo que se manifiesta en un establecimiento pobre de inferencias y deducciones, en un discurso algo más coherente y con cierta aplicación o en el establecimiento de proposiciones (en los mapas conceptuales) poco significativas pero con algo de significado, a diferencia de sus producciones de comienzos de curso. Muestra y usa un modelo para estructura que ella misma considera más simple que la célula real, pero confiesa no tener un modelo para funcionamiento; esta ausencia de modelo para funcionamiento se corrobora con el uso y el manejo que hace de los conceptos relativos al metabolismo. En suma, se observa una evolución en su representación que parte de proposiciones simples y aisladas y con una imagen también simple que atiende a estructuras y, al final de curso, llega a otra representación bastante más articulada y compleja en términos de estructura celular, pero igualmente simple en lo relativo a su funcionamiento: El modelo de célula que caracteriza a Ángeles a lo largo del curso escolar es el que se ha categorizado como modelo mental A, un modelo que atiende a su estructura operando aisladamente con algunas proposiciones relativas a su funcionamiento, proposiciones que maneja en esos términos porque suponen una gran cantidad de indeterminaciones que su modelo no ha podido procesar y que, cuanto menos, al final del mismo son más abundantes, permitiéndole captar, eso sí, la importancia de ese funcionamiento que tan difícil le ha resultar aprehender y conceptualizar.

ANEXO N° 36:

GENOVEVA

NOMBRE: Genoveva

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, ser vivo, núcleo, orgánulos, animal, vegetal, procariótica, membranas, vacuolas, mitocondrias, citoplasma, vida, información genética, energía, materia, retículo endoplasmático, nucleolo, aparato de Golgi, plasma, membrana nuclear, nutrientes, relación, reproducción, organismo, nutrición, ácidos nucleicos, proteínas.	Célula, vida, eucariota, animal, membrana nuclear, nucleolo, núcleo, cromatina, aparato de Golgi, orgánulos, cloroplastos, vacuola, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, mitocondria, ser vivo, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, almacén, información, transmisión, enzimas, proteínas, información genética, vegetales, anticuerpo, antígeno, lípidos, glucólisis, β -oxidación, respiración celular, ATP, reacciones, metabolismo, principios inmediatos, glúcidos, herencia.	Funciones vitales, ser vivo, reproducción, relación, nutrición, entropía, células, reacciones, metabolismo, energía, materia, complejidad, ATP, anabolismo, catabolismo, vida, mitosis, meiosis, principio inorgánico, principio orgánico, enzimas, sistema inmunitario, ADN, mitocondria, animal, eucariota, núcleo, orgánulos, nucleolo, invaginación, membrana, retículo endoplasmático, ribosomas, interfase, vacuolas, citoplasma.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación (Ej: preg. 4 y 6)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (3°) No uso (1° y 2°)	Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: caramelo. • Proteína: enzima. • Lípido: grasa. • Ácido nucleico: ADN. • Energía: mitocondria. • Entropía: mesa desordenada. • Célula: imagen típica, dinámica. • Catabolismo: algo que se va haciendo cada vez más pequeño. • Meiosis: célula en división (libros) • Ser vivo: yo. • Nutrición: comer algo (un animal). • Relación: invaginación de la membrana.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • tendríamos que idealizar sus componentes, asemejarlos a un sistema o mecanismo donde todo lo que lo compone está relacionado. Aunque no sería un ejemplo no muy correcto, podríamos compararlo quizás con la maquinaria de un reloj o quizás con una comunidad de hormigas, donde cada componente realizara su función. Sería muy difícil dibujarlo tal y como es. " - Extrabiol./autónomas. 	No se detectan	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)
	Hay diferentes tipos de célula y por tanto diferentes maneras de representarlas: tiene varias representaciones/imágenes.	Hay, como sabemos, diversos tipos de célula, pero como más representativa escogeré ... : varias representaciones/imágenes	

- Pág. 4: imagen dinámica de una célula que se mueve, junto a otras células.
- Pág. 5: anotación hecha en la primera lectura: varios conceptos los visualiza en relación o en función de una célula -una imagen de célula.
- Pág. 6: imagen integrada pero más simple: si lo acoplo todo, yo sé cómo está relacionado pero no la veo tan clara como una foto.
- Pág. 6 B: "no es que yo, yo me imagino la célula ¿no? entonces ya yo dentro de esa célula pues situo todos los orgánulos y sé más o menos cómo están relacionados entre ellos pero no lo hago así tan ... no está tan compacto". Modelo más simplificado - se reafirma -, y, también, interpretación estructura/función porque sabe "cómo están relacionados entre ellos"; establece relaciones.
- Pág. 8 A: importante: modelo estable estructura/funcionamiento.
- Pág. 9 A: "... más complejo".

NOMBRE: Genoveva

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, vida, animales, vegetales, núcleo, membrana, citoplasma, metabolismo, ATP, eucariota, procariota, ADN, orgánulos, anabolismo, catabolismo, aparato de Golgi, centrosomas, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuola, mitocondria, plastos, glúcidos, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs, fotoquímica, biosintética, cadena respiratoria.	Membrana plasmática, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplasmático, mitocondria, núcleo, hialoplasma, materia, célula, energía, catabolismo, anabolismo, proteínas, glúcidos, lípidos.	Mitosis, meiosis, nutrición, relación, reproducción, materia, energía, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, anabolismo, catabolismo, metabolismo, célula, ADN, ARN, membrana, núcleo, citoplasma, herencia, lisosomas, cloroplastos, ribosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondria.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Explicativas	Explicativas (¡ojo! Algunos errores)	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Significativas	Significativas (excepto: materia -mediante- anabolismo)	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Coherente	Coherente	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	Sitúa al mismo nivel estructuras generales y metabolismo: integración estructura/función y una idea clara ¡eso parece! de que función es reacciones químicas-metabolismo		

NOMBRE: Genoveva

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

CRITERIOS	SÍMIL	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Vida, orgánulos, célula, membrana, núcleo, informaciones genéticas, mitocondria, reacciones, metabolismo, catabolismo, glúcidos, energía, retículo, transporte, proteínas, vacuola, digestión, lisosomas.	Célula, reacciones, enzima, ser vivo, transmisión, gen, energía, fotosíntesis, organismos, heterótrofos, aerobios, agua, sales minerales, eucariota, procariota, orgánulos, vida, respiración celular, vegetales, animales, núcleo, ósmosis, funciones vitales, orden, organización, principios inmediatos, medio, plasmólisis, materia, turgencia.	Principios inmediatos, lípidos, proteínas, glúcidos, reacciones, seres vivos, anabolismo, energía, destrucción, catabolismo, síntesis, cloroplasto, fotosíntesis, células, vegetales, fermentación, anaerobio, fotorrespiración, respiración celular, animal, autótrofos, heterótrofos, glucólisis, hialoplasma, enzimas, ATP, organismos, ciclo de Calvin, neoglucogénesis, función vital, monosacáridos, grana, medio, membrana, reserva.	Célula, seres vivos, vida, organismo, materia, membrana, lípidos, proteínas, núcleo, nucleolo, citoplasma, orgánulos, energía, cloroplastos, fotosíntesis, citosol, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, catabolismo, glúcidos, ATP, dictiosomas, vesículas, lisosomas, retículo endoplasmático, vegetal, secreción, permeabilidad, agua, mitocondrias, aparato de Golgi, β -oxidación, fluidez, autosellado, endocitosis, enzimas, ácidos grasos, glucosidación, medio, turgencia.	Proteínas, lípidos, membranas, orgánulos, huso acromático, citoesqueleto, transporte, organismo, enzimas, metabolismo, especificidad, reacciones, energía, aminoácidos, glúcidos, biocatalizadores, célula, cadena respiratoria, información, ADN, ribosomas, ARN, autoduplicación, transcripción, traducción, activación, cromosomas, respiración celular, síntesis proteica, citoplasma, anticodón, codón, ARN transferente, ARN mensajero, agua, respuesta inmunitaria, antígeno, epítomos, anticuerpos, linfocitos, vida, respuesta celular, respuesta humoral, inmunidad, combustión, ATP, inhibidor, desnaturalización, reproducción, membrana nuclear, digestión.	Proteínas, lípidos, membranas, orgánulos, huso acromático, citoesqueleto, transporte, organismo, enzimas, metabolismo, especificidad, reacciones, energía, aminoácidos, glúcidos, biocatalizadores, célula, cadena respiratoria, información, ADN, ribosomas, ARN, autoduplicación, transcripción, traducción, activación, cromosomas, respiración celular, síntesis proteica, citoplasma, anticodón, codón, ARN transferente, ARN mensajero, agua, respuesta inmunitaria, antígeno, epítomos, anticuerpos, linfocitos, vida, respuesta celular, respuesta humoral, inmunidad, combustión, ATP, inhibidor, desnaturalización, reproducción, membrana nuclear.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: célula)	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación (Ej: célula)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: célula)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: preg. 3)	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (se apoya en el dibujo)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas (Ej: preg. 5: anticipa comportamiento)	Elaboradas (Ej: preg. 5)	Elaboradas (Ej: preg. 4)	Elaboradas (Ej: preg. 6 ¡es otra!)	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe (sin embargo: para mí es el dibujo más adecuado y representativo de todos)	No se detectan	No se detectan	• célula: maquinaria de un reloj suizo. Extrabiol./autónoma.	No se detectan	No se detectan

NOMBRE: Genoveva

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> No hace 1º dibujo. No hace 2º dibujo. Dos analogías. <p>Membrana celular, vacuola, retículo endoplasmático, nucleolo, núcleo, aparato de Golgi, mitocondria, plasma, membrana nuclear.</p>	<p>Membrana nuclear, nucleolo, núcleo, cromatina, aparato de Golgi, vegetales, orgánulos, cloroplastos, vacuola, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, mitocondria, información, transmisión caracteres, CO₂, proteínas, información genética, anticuerpo, antígeno, lípidos, célula, glucólisis, β-oxidación, enzimas, ATP, respiración celular, membrana celular.</p>	<p>Membrana, invaginación, ATP, retículo endoplasmático rugoso, ribosoma, transporte, proteína, aparato de Golgi, lisosomas, digestión, sales minerales, antígenos, vacuola, almacén, fotosíntesis, H₂O, luz, enzimas, síntesis proteica, ADN, transcripción, ARN, anticuerpos.</p>
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro (¡los tres se parecen mucho!)	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (¡y muy pobre!)	Identificación (en el 1º y en el 3º dibujos) Identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases	Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales (algunas flechas)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simple-estático	Simples-estáticos	Complejo dinámico (por interacción y orden o secuencia: antígeno/anticuerpo, síntesis de proteínas, por ejemplo)

NOMBRE: Genoveva

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Célula, ser vivo, núcleo, orgánulos, animal, vegetal, procariótica, membranas, vacuolas, mitocondrias, citoplasma, vida, información genética, energía, materia, retículo endoplasmático, nucleolo, aparato de Golgi, plasma, membrana nuclear, nutrientes, relación, reproducción, organismo, nutrición, ácidos nucleicos, proteínas.
Origen de la vida 18/11/96	Célula, reacciones, enzima, ser vivo, transmisión, gen, energía, fotosíntesis, organismos, heterótrofos, aerobios, agua, sales minerales, eucariota, procariota, orgánulos, vida, respiración celular, vegetales, animales, núcleo, ósmosis, funciones vitales, orden, organización, principios inmediatos, medio, plasmólisis, materia, turgencia.
ex. GLUC. 9/12/96	Principios inmediatos, lípidos, proteínas, glúcidos, reacciones, seres vivos, anabolismo, energía, destrucción, catabolismo, síntesis, cloroplasto, fotosíntesis, células, vegetales, fermentación, anaerobio, fotorrespiración, respiración celular, animal, autótrofos, heterótrofos, glucólisis, hialoplasma, enzimas, ATP, organismos, ciclo de Calvin, neoglucogénesis, función vital, monosacáridos, grana, medio, membrana, reserva.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Célula, vida, animales, vegetales, núcleo, membrana, citoplasma, metabolismo, ATP, eucariota, procariota, ADN, orgánulos, anabolismo, catabolismo, aparato de Golgi, centrosomas, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuola, mitocondria, plastos, glúcidos, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs, fotoquímica, biosintética, cadena respiratoria.
ex. LÍP. 26/2/97	Célula, seres vivos, vida, organismo, materia, membrana, lípidos, proteínas, núcleo, nucleolo, citoplasma, orgánulos, energía, cloroplastos, fotosíntesis, citosol, matriz mitocondrial, ciclo de Krebs, catabolismo, glúcidos, ATP, dictiosomas, vesículas, lisosomas, retículo endoplasmático, vegetal, secreción, permeabilidad, agua, mitocondrias, aparato de Golgi, β -oxidación, fluidez, autosellado, endocitosis, enzimas, ácidos grasos, glucosidación, medio, turgencia.
ex. PROT. 14-18/3/97	Proteínas, lípidos, membranas, orgánulos, huso acromático, citoesqueleto, transporte, organismo, enzimas, metabolismo, especificidad, reacciones, energía, aminoácidos, glúcidos, biocatalizadores, célula, cadena respiratoria, información, ADN, ribosomas, ARN, autoduplicación, transcripción, traducción, activación, cromosomas, respiración celular, síntesis proteica, citoplasma, anticodón, codón, ARN transferente, ARN mensajero, agua, respuesta inmunitaria, antígeno, epítomos, anticuerpos, linfocitos, vida, respuesta celular, respuesta humoral, inmunidad, combustión, ATP, inhibidor, desnaturalización, reproducción, membrana nuclear, digestión.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Membrana plasmática, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplasmático, mitocondria, núcleo, hialoplasma, materia, célula, energía, catabolismo, anabolismo, proteínas, glúcidos, lípidos.
ex. AN. 12/5/97	Proteínas, lípidos, membranas, orgánulos, huso acromático, citoesqueleto, transporte, organismo, enzimas, metabolismo, especificidad, reacciones, energía, aminoácidos, glúcidos, biocatalizadores, célula, cadena respiratoria, información, ADN, ribosomas, ARN, autoduplicación, transcripción, traducción, activación, cromosomas, respiración celular, síntesis proteica, citoplasma, anticodón, codón, ARN transferente, ARN mensajero, agua, respuesta inmunitaria, antígeno, epítomos, anticuerpos, linfocitos, vida, respuesta celular, respuesta humoral, inmunidad, combustión, ATP, inhibidor, desnaturalización, reproducción, membrana nuclear.
Símil de la fábrica 12/5/97	Vida, orgánulos, célula, membrana, núcleo, informaciones genéticas, mitocondria, reacciones, metabolismo, catabolismo, glúcidos, energía, retículo, transporte, proteínas, vacuola, digestión, lisosomas.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Membrana, invaginación, ATP, retículo endoplasmático rugoso, ribosoma, transporte, proteína, aparato de Golgi, lisosomas, digestión, sales minerales, antígenos, vacuola, almacén, fotosíntesis, H ₂ O, luz, enzimas, síntesis proteica, ADN, transcripción, ARN, anticuerpos.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Mitosis, meiosis, nutrición, relación, reproducción, materia, energía, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, anabolismo, catabolismo, metabolismo, célula, ADN, ARN, membrana, núcleo, citoplasma, herencia, lisosomas, cloroplastos, ribosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondria.
Cuestionario final 28/5/97	Célula, vida, eucariota, animal, membrana nuclear, nucleolo, núcleo, cromatina, aparato de Golgi, orgánulos, cloroplastos, vacuola, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, mitocondria, ser vivo, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, almacén, información, transmisión, enzimas, proteínas, información genética, vegetales, anticuerpo, antígeno, lípidos, glucólisis, β -oxidación, respiración celular, ATP, reacciones, metabolismo, principios inmediatos, glúcidos, herencia.
Entrevista. 12/6/97	Funciones vitales, ser vivo, reproducción, relación, nutrición, entropía, células, reacciones, metabolismo, energía, materia, complejidad, ATP, anabolismo, catabolismo, vida, mitosis, meiosis, principio inorgánico, principio orgánico, enzimas, sistema inmunitario, ADN, mitocondria, animal, eucariota, núcleo, orgánulos, nucleolo, invaginación, membrana, retículo endoplasmático, ribosomas, interfase, vacuolas, citoplasma.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Núcleo, orgnulos, membranas, vacuolas, mitocondrias, citoplasma, retículo endoplasmático, nucleolo, aparato de Golgi, plasma, membrana nuclear.	Orgánulos, núcleo.	Cloroplasto, hialoplasma, grana, membrana.	Núcleo, membrana, citoplasma, orgánulos, aparato de Golgi, centrosomas, ribosomas, retículo endoplasmático, vacuola, mitocondria, plastos.	Membrana, núcleo, nucleolo, citoplasma, orgánulos, cloroplastos, citosol, matriz mitocondrial, dictiosomas, vesículas, lisosomas, retículo endoplasmático, mitocondrias, aparato de Golgi.	Membranas, orgánulos, huso acromático, citoesqueleto, ribosomas, cromosomas, citoplasma, membrana nuclear.	Membrana plasmática, aparato de Golgi, ribosomas, retículo endoplasmático, mitocondria, núcleo, hialoplasma.	Cromosoma, núcleo, membranas, nucleoplasma, nucleolo, retículo nuclear, envoltura nuclear, centriolos, huso acromático, centrómero, ribosomas.	Orgánulos, membrana, núcleo, mitocondria, retículo nuclear, lisosomas.	Membrana, retículo endoplasmático rugoso, ribosoma, aparato de Golgi, lisosomas, vacuola.	Membrana, núcleo, citoplasma, lisosomas, cloroplastos, ribosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondria.	Membrana nuclear, nucleolo, núcleo, aparato de Golgi, orgánulos, cloroplastos, vacuola, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, mitocondria.	Mitocondria, núcleo, orgánulos, nucleolo, membrana, retículo endoplasmático, ribosomas, vacuolas, citoplasma.	AG7,ctrl1,centrómero1,centrosoma1,ctq1,ctpl6,cts11,clpt4,crma2,dictiosoma1,envnuc1,grana1,hlp12,husoacr2,liss4,matrizmit1,mmbrr12,mmbbrnuc3,mmbprlasco,mitc8,núcl10,nulo5,nucleoplasma1,org7,RE8,RER2,rib8,vesc1..
Moléculas	Nutrientes, ácidos nucleicos, proteínas.	Enzima, gen, agua, sales minerales, principios inmediatos.	Principios inmediatos, lípidos, proteínas, glúcidos, enzimas, ATP, monosacáridos.	ATP, ADN, glúcidos.	Lípidos, proteínas, glúcidos, ATP, agua, enzimas, ácidos grasos.	Proteínas, lípidos, enzimas, aminoácidos, glúcidos, biocatalizadores, ADN, ARN, anticodón, codón, ARN transferente, ARN mensajero, ATP, inhibidor.	Proteínas, glúcidos, lípidos.	ADN, nucleótidos, agua, principios inmediatos, ARN, cromatina, genes, cromátidas, enzimas, ácidos nucleicos, proteínas.	Glúcidos, proteínas.	ATP, proteína, sales minerales, H ₂ O, enzimas, ADN, ARN.	Agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ADN, ARN.	Cromatina, enzimas, proteínas, lípidos, ATP, principios inmediatos, glúcidos.	ATP, principio inorgánico, principio orgánico, enzimas, ADN.	Acgrasos1,AN3,ADN6,agua4,aa1,ARN4,ARNm1,ARNt1,ATP7,cromat1,cromat2,enz8,gen2,glúc8,inhibidor1,líp6,monosac1,nucleótido1,nutrient1,PI4,prot10,sm3.
PROCESOS Mts.	-	Fotosíntesis, heterótrofos, aerobios, respiración celular, transmisión.	Anabolismo, destrucción, catabolismo, síntesis, fotosíntesis, fermentación, anaerobio, fotorrespiración, respiración celular, autótrofos, heterótrofos, glucólisis, ciclo de Calvin, neoglucogénesis, reserva.	Metabolismo, anabolismo, catabolismo, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria.	Fotosíntesis, ciclo de Krebs, catabolismo, secreción, β-oxidación, glucosidación.	Metabolismo, cadena respiratoria, autoduplicación, transcripción, activación, respiración celular, síntesis proteica, combustión, digestión.	Catabolismo, anabolismo.	Traducción, transcripción, duplicación.	Metabolismo, catabolismo, digestión.	Digestión, almacén, fotosíntesis, síntesis proteica, transcripción.	Anabolismo, catabolismo, metabolismo.	Almacén, transmisión, glucólisis, β-oxidación, respiración celular, metabolismo.	Metabolismo, anabolismo, catabolismo.	Anb5,anaerob1,autóf1,β-ox2,cadresp2,cat7,cKrebs2,destrucción1,digest3,duplic2,ferme1,fts5,glucogénesis1,glucólisis3,glucosidación1,heteróf2,mtb6,resp4,respcel4,secreción1,síntesis6,sprot2,traducción2,transcrip3.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
Otros	Relación, reproducción, nutrición.	Ósmosis, funciones vitales, plasmólisis, turgencia.	Función vital.	-	Endocitosis, turgencia.	Transporte, reproducción	-	Euploidía, aneuploidía, deleción, inversión, traslocación, sobrecruzamiento, funciones vitales, autoperpetuación, reproducción sexual, reproducción asexual, meiosis, fecundación mitosis, ciclo vital, profase, metafase, anafase, telofase, recombinación, haploides, paquiteno, leptoteno, zigoteno, diploteno, diacinesis.	Transporte.	Invaginación, transporte.	Mitosis, meiosis, nutrición, relación, reproducción	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción	Funciones vitales, reproducción, relación, nutrición, mitosis, meiosis, invaginación.	Anaf1,aneuploidía1,deleción1,diploteno1,endocitosis1,euploidía1,FV4,haploides1,inversión1,meiosis3,metaf1,mitosis3,nut4,ósmosis1,plasmólisis1,prof1,rel4,rep6,rsex1,rsex1,sobrecruz1,telof1,transporte3,turgencia2,.
CONCEPs GRALES:	Célula, ser vivo, animal, vegetal, procariótica, vida, información genética, energía, materia, organismo.	Célula, reacciones, ser vivo, energía, organismos, eucariota, procariota, vida, vegetales, animales, orden, organización, medio, materia.	Reacciones, seres vivos, energía, células, vegetales, animales, organismos, medio.	Célula, vida, animales, vegetales, eucariota, procariota.	Célula, seres vivos, vida, organismo, materia, energía, vegetal, medio.	Organismo, reacciones, energía, célula, información, vida.	Materia, célula, energía.	Células, vida, animales, vegetales, variabilidad, herencia, información, vida, medio.	Vida, célula, informaciones genéticas, reacciones, energía.	Luz.	Materia, energía, célula, herencia.	Célula, vida, eucariota, animal, ser vivo, información, genética, vegetales, reacciones herencia.	Ser vivo, entropía, células, reacciones, energía, materia, complejidad, vida, animal, eucariota.	Ani7,célula12,energía9,entropía1,eucariota4,herencia3,información4,información2,materia6,medio4,organismo5,organización1,procar2,rsex6,svv6,vgt7,vida9.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Permeabilidad, fluidez, autosellado.	Especificidad, respuesta inmunitaria, antígeno, epítomos, anticuerpos, linfocitos, respuesta celular,	-	Código genético, gameto, sexo, locus, interfase, genotipo, fenotipo, genoma.	-	Antígenos, anticuerpos.	-	Antígeno, anticuerpo.	Sistema inmunitario, interfase.	Anticuerpo3, antigeautosel1,códgenético1,especificidad1,fenotipo1,fluidez1,gameto1,genoma1,genotipo1,inmunidad

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
						respuesta humoral, inmunidad, desnaturalización.								1,interfase2,linfocito1,permeabilidad1,resp cell1,resp humoral1,sexo1,sistinmunitario1.
MODELO	B	C	C	C	C	C	C	C	C/D	D	C	D	D	D

¿Qué hace Genoveva cuando piensa en la célula? ¿Cómo la piensa? El primer registro formal que se obtiene de ella es el cuestionario inicial (18-10-96); en él, esta alumna muestra un alto grado de elaboración personal en las frases que usa, unas frases que articula coherentemente en un discurso bien estructurado e hilvanado en el que organiza autónomamente la información que selecciona y plasma. Sus deducciones e inferencias son también elaboradas, mostrando una capacidad de razonamiento biológico aceptable. Parece manejar cuando se enfrenta a este cuestionario imágenes, más de una, a juzgar por lo que nos responde, imágenes que dan cuenta de la diversidad celular pero que sólo atienden a su estructura, lo que se corrobora con la selección conceptual que lleva a cabo que básicamente es estructural, no incorporando ningún concepto metabólico y haciendo referencia en el terreno comportamental solamente a las funciones vitales; no obstante, ante demandas explícitas de plasmar gráficamente esa célula, Genoveva recurre al discurso, usando dibujos sólo en una de las tres ocasiones en las que se le solicita. Ante la pregunta:

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

su respuesta es la siguiente:

“Hay diferentes tipos de células, y por tanto diferentes maneras de representarla. Tendemos (h) a dibujar la célula con su núcleo y orgánulos correspondiente; el dibujo normalmente correspondería al de una célula animal. Esto no quiere decir que por ejemplo no conozcamos la existencia de una célula vegetal o de células que carecen de núcleo (procariótica) sino que la imagen que desde siempre se nos ha presentado como prototipo de célula es una célula animal.

La podríamos dibujar con todos sus componentes bien definidos: una membrana que la aísla del medio, el núcleo separado también con una membrana, y los orgánulos (vacuolas, mitocondrias, ...) presentes en el citoplasma”.

Pero a pesar de lo expuesto, hemos de concluir que esta alumna no piensa sólo en la estructura celular cuando responde a este cuestionario, no ejecuta solamente este aspecto, sino que en su mente esa “cosa” actúa de una determinada manera para la que ella tiene no un símil sino dos; Genoveva es capaz de modelar un cierto comportamiento que es equiparable a cosas que son dinámicas y que ella conoce, cosas que se comportan de manera muy sincronizada. El simple establecimiento de la analogía supone, como símil, la correlación de elementos entre “su” célula y aquello que a ella se le parece con la misma, lo que viene a significar que ésa “su” célula no es solamente una estructura. Veamos esas analogías y en respuesta a qué las plantea.

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?

“Tendríamos que idealizar sus componentes, asemejarlos a un sistema o mecanismo; donde todo lo que lo compone está relacionado. Aunque no sería un ejemplo no muy correcto, podríamos compararlo quizás con la maquinaria de un reloj o quizás con una comunidad de hormigas, donde cada componente realizara su función. Sería muy difícil dibujarlo tal y como es”.

Y cuando tiene que deducir, de esos símiles extrae inferencias y razonamientos que explica convenientemente en términos biológicos; sus analogías son útiles para aprehender la esencia de ese mundo real –célula– del que nos comunica su concepción; ello se deriva de su forma de contestar a la siguiente cuestión:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Una célula para serlo necesita poseer vida principalmente. Necesita poseer una serie de capacidades como podrían ser la de duplicarse (tiene que ser capaz de guardar y transmitir la información genética), de nutrirse, para su propia subsistencia. Debe ser capaz de transformar la energía, de obtener materia orgánica propia. Para realizar todas estas funciones necesita todos y cada uno de los orgánulos que posee, donde cada cual realiza una tarea determinada”.

Su modelo es útil y su modelo es estable; y su modelo atiende a la estructura, como muestra su selección conceptual, y a su funcionamiento, como se desprende de sus analogías y de su forma de expresarlo en términos científicos. Esa utilidad y esa estabilidad se ponen de manifiesto cuando lo ejecuta en desde la misma perspectiva y de semejante manera al responder a cómo cree que es ese funcionamiento celular.

“A través de la sangre, a la célula llegan los nutrientes (obtenidos tras la digestión y absorción) junto al oxígeno procedente de la respiración. La función de la célula es obtener energía y materia orgánica propia a partir de ellos. Cada uno de sus componentes debe cumplir su tarea correspondiente para que todos juntos sean capaces de hacer que la célula siga viviendo. La función de relación y reproducción de un organismo, dependen de la nutrición de sus células.

Los ácidos nucleicos y proteínas desempeñan pienso que el papel principal en el funcionamiento de una célula. Gracias a ellos la información genética puede transmitirse”.

¿Cómo explica Genoveva lo que es una célula cuando se le pregunta en el examen de Origen de la Vida (18-11-96)? Su respuesta es como sigue:

“Después del nivel químico, la materia viva sobrepasa el umbral de lo inerte para constituirse en pequeñas unidades elementales, dotadas de vida denominadas células. Todo ser vivo está formado por células; todas las reacciones metabólicas tienen lugar en ellas, contiene medios de transmisión genética. Distinguimos entre vegetales y animales, dentro de las eucariotas (con núcleo) también estarían las procariotas, de menor simplicidad, por ejemplo, las bacterias”.

Lo anterior es un ejemplo de organización autónoma de la información en la medida en que no responde a los modos habituales de explicar este concepto ni tampoco a lo que se ha trabajado en clase; también nos sirve como ejemplo de un discurso coherente en el que se aplican los conceptos trabajados. Nótese que Genoveva destaca en su contestación funcionamiento y no estructuras, lo que es más frecuente, y obsérvese también que, de hecho, esta alumna recurre muy limitadamente a conceptos organulares en todo el ejercicio, destacando precisamente conceptos comportamentales de diversa naturaleza, incluso metabólica. Podría desprenderse de lo que ha hecho esta joven en este examen que ha puesto en su mente una célula que hace cosas, “reacciones metabólicas”, que tiene la capacidad de transmitir información, capacidades es lo que ya concibió Genoveva en su célula desde un principio y eso es lo que la ha dotado de poder explicativo y de poder predictivo, como muestra el hecho de que puede anticipar comportamientos de esa materia viva cuando ejecuta su modelo, pues le permite explicar lo que “llegaría” a ocurrir, lo que “debe ser”; veamos un ejemplo en su forma de resolver la siguiente situación:

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchan y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“Las medusas viven en un medio hipotónico ya que su concentración salina debe ser muy superior a la del agua, por ello tienden a absorber gran cantidad de agua,

mantiéndose en estado de turgencia. Cuando estos organismos mueren, se deshinchán, esto debe ser porque ya su organismo no crea ni posee ningún tipo de sales, entonces, toda el agua que poseen en su interior tiende a salir al exterior para llegar a un equilibrio osmótico.

Las medusas deben ser organismos que poseen gran cantidad de sales minerales, superior a otros animales marino(s), a esto se debe su estado de turgencia. Podría tomarse el ejemplo de poner un pez en agua dulce, entonces el pez se hincharía como la medusa, pero éste creo que llegaría a explotar, debido a que su organismo no está adaptado a este tipo de condiciones en su medio de vida. Quizás otro posible ejemplo es colocar un glóbulo rojo dentro de un medio acuoso con bajo contenido en sales, el glóbulo rojo tendería a absorber agua y se hincharía (ya que poseería mayor concentración salina dentro de sí mismo)”.

Genoveva puede anticipar porque está captando una serie de elementos que tienen un conjunto de propiedades y características que son las que determinan sus funciones en esa materia viva. Ante la siguiente pregunta:

- “Estamos constituidos fundamentalmente por agua, que apenas cuesta ; el carbono se valora en forma de carbón ; el calcio de nuestros huesos en forma de yeso ; el nitrógeno de nuestras proteínas en forma de aire (también barato) o el hierro de nuestra sangre en forma de clavos herrumbrosos. El cuerpo humano cuesta veinte duros, mil pesetas o una cifra parecida. (...). Harold Morowitz ha calculado lo que costaría reunir los constituyentes moleculares correctos que componen un ser humano, comprando las moléculas en casas de suministros químicos. La respuesta resulta ser de mil trescientos millones de pesetas aproximadamente. ¡Eso ya es otra cosa ! Pero ni aún así podríamos mezclar esas sustancias químicas y ver salir del bote a un ser humano”. (Rodríguez Gómez, Gil Flores y García Jiménez, 1996).
 - ¿Ves alguna relación entre este texto y las diferentes teorías sobre el origen de la vida ?. Razona tu respuesta argumentando cuál es tu posición relativa a este tema.
 - ¿Podemos relacionar este texto con otras teorías científicas para justificar la composición de la materia viva ?.

esta alumna termina su explicación como sigue:

“Todos los elementos que forman la materia viva tienen funciones importantes, bien en la fisiología celular o bien a nivel de todo el organismo. Toda esta mezcla de elementos sería imposible sin sus propiedades y capacidades de enlace y reacción”.

lo que da fe de ese modo de operar con los tres conjuntos señalados para generar su modelo mental de célula. En el examen de Glúcidos (9-12-96) Genoveva muestra las mismas características en su discurso que en los registros anteriores; recurre nuevamente a conceptos tanto estructurales como comportamentales que, en esta ocasión, aumentan sustancialmente en el ámbito metabólico. En términos generales podríamos admitir que está trabajando cuando lo hace con un modelo global, integrado, que da cuenta tanto de su aspecto físico como del funcional, aunque debe señalarse que en esta ocasión su capacidad explicativa es un tanto más limitada, manifestando una comprensión parcial de aquello que aborda y comunica; esta limitación es comprensible si atendemos al hecho de que la proliferación de esos conceptos metabólicos ya comentada supone un alto grado de abstracción que es nuevo para el alumnado en este tema, al menos en lo que se refiere a la profundidad con la que es tratado, y ello, como es lógico, representa una serie de indeterminaciones que requieren un tiempo en su procesamiento y comprensión y, en consecuencia, en el asentamiento y la asimilación por parte del modelo mental construido hasta que se lleve a cabo su revisión en el seno

del mismo. Este proceso mental limita las posibilidades explicativas de Genoveva en el ejemplo que se expone a continuación.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- a) *“Porque las fermentaciones son procedimientos realizados en un medio anaerobio, carente de oxígeno, utilizados para obtener energía a partir de compuestos como por ejemplo la lactosa (azúcar de la leche).*
- b) *No puede afirmarse esto, ya que hay un problema en algunas plantas, en las que la concentración de O_2 es mayor que la de CO_2 ; entonces se realiza el proceso de fotorrespiración, que elimina como desecho CO_2 , al igual que la respiración celular animal.*
- c) *No, ya que el catabolismo de los compuestos, se realiza de igual modo en organismos autótrofos que heterótrofos. Simplemente consiste en degradar compuestos para obtener energía de sus enlaces.*
- d) *No, pienso yo, ya que los glúcidos suponen un gran contenido energético. Son una gran fuente de energía de reserva, que las células necesitan para llevar a cabo todas sus funciones”.*

Su capacidad deductiva no es acorde con estas limitaciones en el terreno explicativo, observándose que esta estudiante rota un modelo que es complejo y que le permite razonar válidamente, como se ve en su respuesta a la siguiente cuestión.

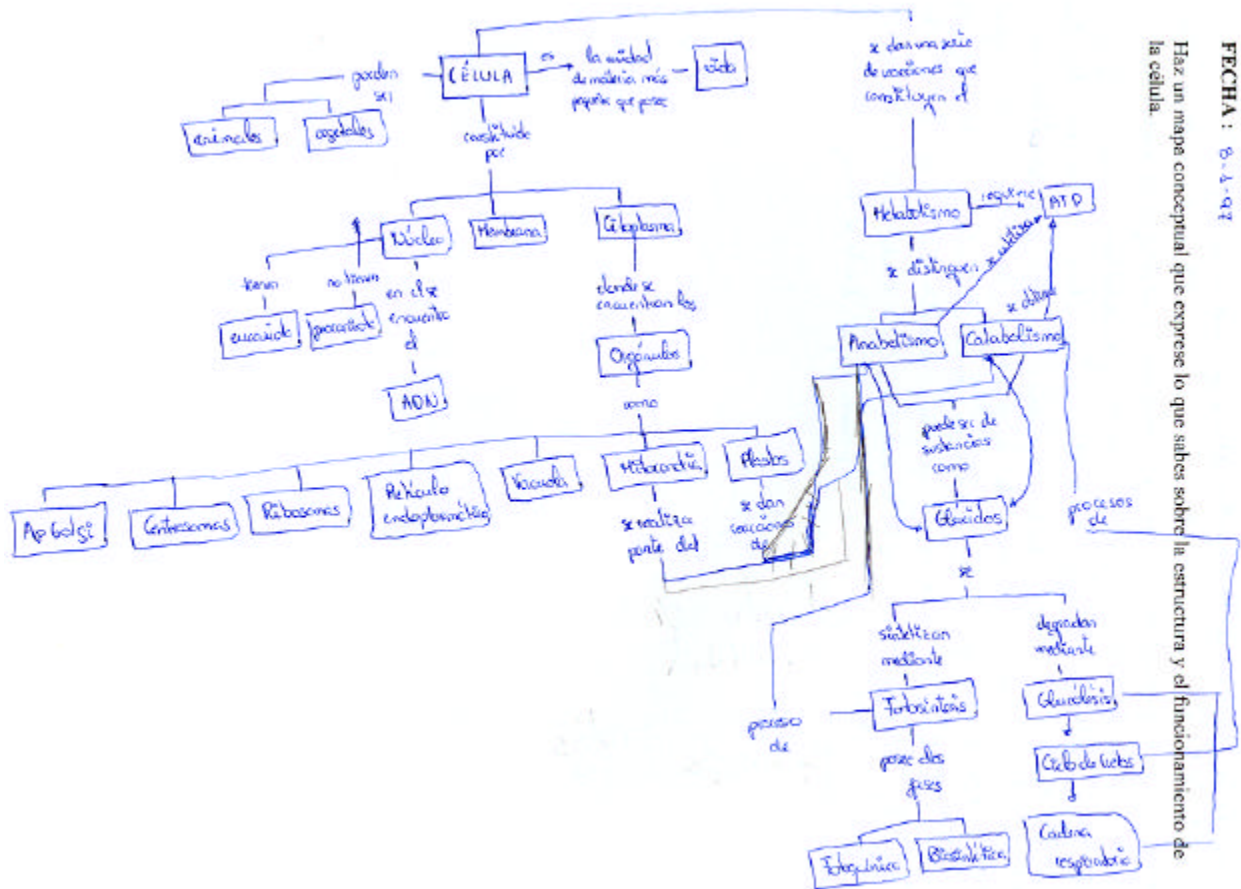
- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Las mujeres, cuando están ovulando, gastan una mayor cantidad de reservas de glúcidos, ya que es requerida por el proceso de ovulación; entonces sienten la necesidad de ingerir, para sufragar este gasto energético.

Cuando se ovula, se gasta una mayor cantidad de energía, que se extrae de las reservas de glucosa del organismo. Se podría comprobar analizando el nivel de glucosa en la sangre, cuando se ovula; que sería menor que cuando no lo hace. Otra forma de comprobar, es no ingerir dulces aunque tengamos la necesidad, se irán gastando (agotando las reservas) y nuestro peso podría disminuir”.

¿Qué se puede deducir de la célula que representa Genoveva al hacer su primer mapa conceptual (8-1-97)? A primera vista podemos advertir que tiene dos partes bien delimitadas: una estructural y otra metabólica, pero su desarrollo no parece evidenciar que esta joven haya trabajado independientemente con ambas vertientes o aspectos; más bien al contrario, se muestran indicios claros de que modela una célula en acción en su cabeza, como se desprende de la selección conceptual que lleva a cabo, de lo explicativo de las relaciones que establece, del significado que le asigna a las proposiciones que construye y de la forma en la que jerarquiza los conceptos escogidos, así como del producto, en su conjunto, que nos entrega. Genoveva sitúa al mismo nivel estructuras generales y metabolismo, lo que supone una integración estructura/función y, como ya

se observó desde un principio, destaca el papel de las reacciones químicas (¡interacciones!) en lo que es la forma de actuar característica de una célula. Veamos ese mapa conceptual.



Genoveva ha captado la esencia de la complejidad celular, ha concebido una célula como unidad de los seres vivos en extremo compleja y lo ha hecho así porque ha percibido que hay una serie de componentes cuyas propiedades y características así lo determinan; ha construido un modelo mental complejo de célula, un mundo que también es complejo y lo ha hecho para mediar como herramienta en la comprensión de esa entidad, de esa realidad, ¡compleja realidad!, que estudia recurriendo para ello, incluso, a analogías otra vez, símiles que ya usara en anteriores ocasiones y que le facilitan esa comprensión. Esto es lo que parece desprenderse de su forma de explicarlo en el examen de Lípidos (26-2-97).

“La célula puedo definirla como la unidad anatómica y fisiológica que compone a todos y cada uno de los seres vivos. Es la porción de materia más pequeña que posee vida propia. La célula es un “organismo” o “mecanismo” muy complejo, formado por varias partes: membrana, compuesta principalmente por lípidos y proteínas (posee funciones y propiedades características y algunas derivadas de sus componentes químicos); núcleo, donde está el nucleolo que contiene los caracteres genéticos y, por último, el citoplasma, donde flotan los orgánulos citoplasmáticos, que poseen unas características determinadas, y su correspondiente función dentro de la compleja actividad celular. Cabe comparar una célula con la maquinaria de un reloj suizo, cada una de las partes tienen una función determinada, que además influye en la función de los demás componentes. En la célula tienen lugar los diferentes procesos catabólicos de los cuales nuestro organismo obtiene energía y materia; y como no, también los anabólicos donde sintetizan diversas sustancias (por ejemplo, en los cloroplastos a través de la fotosíntesis). La célula y sus agrupamientos constituyen los pilares de la vida”.

Con un modelo mental como el que ha construido Genoveva en este momento es fácil comprender que tenga capacidad explicativa y capacidad predictiva, que pueda explicar autónoma y coherentemente deduciendo y razonando en términos biológicos también adecuadamente. Ante una foto de microscopía electrónica de una célula en este ejercicio se solicitó que se identificaran al menos tres estructuras celulares relacionadas con los lípidos justificando por qué se identificaban y por qué se relacionaban con estos principios inmediatos. Veamos la respuesta de esta alumna.

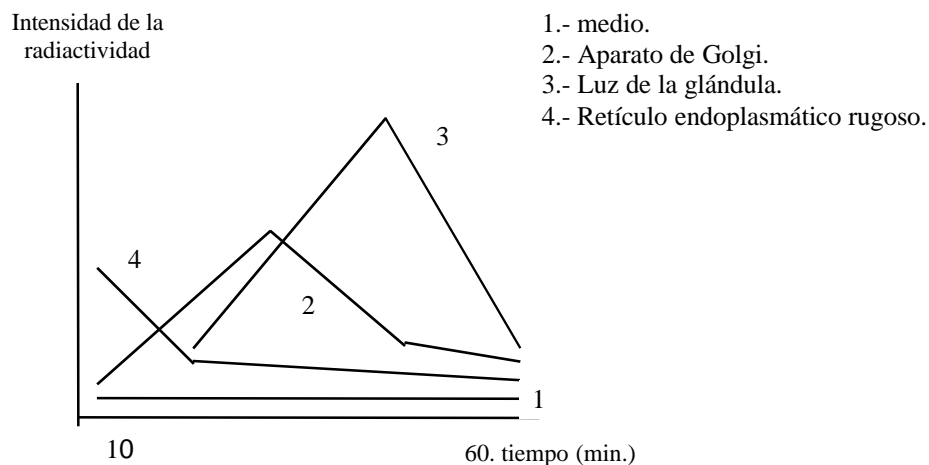
*“Entre otras cosas en la foto aparecen mitocondrias, retículo endoplasmático y el aparato de Golgi. Estas tres estructuras están relacionadas con los lípidos, sin duda alguna; la primera y más fundamental razón, es porque sus membranas están formadas principalmente por proteínas y las sustancias que ahora tratamos, los lípidos; aunque estos componentes varían en cuanto en su proporción en los orgánulos (sus membranas), en el retículo endoplasmático por ejemplo hay un 30% de lípidos, mientras que en el aparato de Golgi este valor oscila alrededor del 35%; en lo que se refiere a las membranas mitocondriales, la externa posee mayor cantidad de lípidos que en la interna formando parte de esta última sólo un 20%. Los lípidos más abundantes en estas estructuras son los fosfolípidos (ubiquinona en la mitocondria). Además y también muy importante es que los lípidos son sintetizados en el retículo endoplasmático, se cree que fundamentalmente en el liso. Asimismo parte del catabolismo lipídico (**b**-oxidación) se desarrolla en el interior de la mitocondria, como sabemos la **b**-oxidación se comienza en el citosol con la activación del ácido graso, y es ya en el interior mitocondrial donde se transforman en acetil-CoA y pasan al ciclo de Krebs. En el aparato de Golgi tiene lugar la secreción de sustancias que pueden contener o no lípidos; además tiene lugar la glucosidación de éstos; se añade al ácido graso un oligosacárido formando glucolípidos.*

(Los lípidos confieren a las membranas de los orgánulos unas propiedades como fluidez, autosellado,... etc que hacen que tengan unas funciones determinadas.

Genoveva rescata sus conocimientos y los pone al uso, a su disposición para razonar y para deducir, revisa recursivamente ante diferentes situaciones, diferenciando y reconciliando distintos aspectos y conceptos de lo que ya ha trabajado y eso es lo que parece evidenciarse de su forma de enfrentarse a la siguiente cuestión.

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo.

Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

“Según he observado en esta gráfica, y añadiendo mis conocimientos sobre el tema argumentaré el tránsito de estas moléculas radioactivas. Como puede observarse al comienzo de la gráfica, donde más intensidad radioactiva hay es el retículo endoplasmático rugoso, de lo que saco la conclusión de que es en este orgánulo, donde tiene lugar la síntesis de estas moléculas radioactivas; por tanto es el retículo el lugar donde son sintetizadas estas moléculas. Este orgánulo está relacionado de un modo cercano con el aparato de Golgi; mediante unas vesículas de trans(s)ión y una red tubular procedente del retículo y que llega al aparato de Golgi. Se observa en la gráfica mientras el tiempo sigue pasando, que posteriormente es en el aparato de Golgi donde se detecta una mayor intensidad radiactiva, por lo que es fácil deducir que las moléculas han pasado del retículo al Golgi donde serán empaquetadas, por decirlo de algún modo, formando unas vesículas denominadas vesículas de secreción, que serán secretadas por este orgánulo. A medida que pasa el tiempo puedo observar que es inmediatamente después en la luz de la glándula donde se encuentran las moléculas, ya que en ese tiempo ya las sustancias han sido secretadas mediante las vesículas por el Golgi, y que ahora ya están dispuestas en la glándula para proseguir su camino y desempeñar su función correspondiente (que lo harán formando parte de la leche u otra función); después de pasar una hora más o menos ya no se detecta la radioactividad, las moléculas han desaparecido ya con su carácter radioactivo de estas estructuras. El no detectarse una intensidad radioactiva elevada en ningún momento en el medio, apoya esta supuesta ruta de las moléculas radioactivas a través de las células secretoras”.

Esta estudiante ha modelado una célula actuando, procesando un conjunto de moléculas y estructuras interactuando, ha ejecutado un modelo mental de célula que es causal. Ese mismo modelo, esa representación es lo que generó ante el siguiente examen, Proteínas (14/18-3-97); [esta joven lo hace en dos días por indisposición el primero de ellos]. Cuando justifica el papel de los enzimas en la célula, cierto es que destaca prioritariamente la vertiente comportamental, pero da cuenta también del sustrato físico en el que ese funcionamiento descansa y se apoya.

“Las enzimas juegan un papel muy importante en el funcionamiento y estructura celular; son biocatalizadores de todas las reacciones metabólicas que tienen lugar dentro de cada orgánulo de la célula. Si las enzimas no existieran creo que no podrían realizarse la mayoría de las reacciones metabólicas. Por ejemplo si no existieran enzimas que catalizaran procesos como el de la cadena respiratoria, si no tuviera esta forma de “cascada” tan característica que posee, podría tener lugar una oxidación espontánea siendo perjudicial e incluso mortal para la célula. Las enzimas son un tipo de proteínas muy específicas, como sabemos las proteínas forman parte de las estructuras de las membranas celulares. Si no existieran las enzimas las reacciones serían muy lentas e incluso llegarían a ni siquiera reproducirse, las enzimas son imprescindibles en el complejo celular”.

Como vemos, su forma de expresarse se sigue definiendo por los mismos rasgos característicos que ya mostrara desde un principio y, si atendemos al uso de conceptos que hace, observamos que se va produciendo un crecimiento paulatino en el número de elementos estructurales y funcionales en los conjuntos que esta joven maneja. Su poder predictivo y su capacidad explicativa siguen siendo altos y elaborados, consistentes con el complejo modelo mental que tiene y que los soporta como sustrato. Veamos un ejemplo.

- “Muchas personas tienen problemas a la hora de digerir los alimentos debido a la escasez de enzimas digestivos. La administración oral de amilasas, proteasas y lipasas suele aliviar su enfermedad. Estos enzimas deben llegar hasta el intestino delgado, donde se realiza la parte más importante de la digestión. Todos estos enzimas se

presentan en las farmacias encapsulados y por tanto se ingieren de esta forma”. (Ortiz de Lanzagorta y col, 1993).

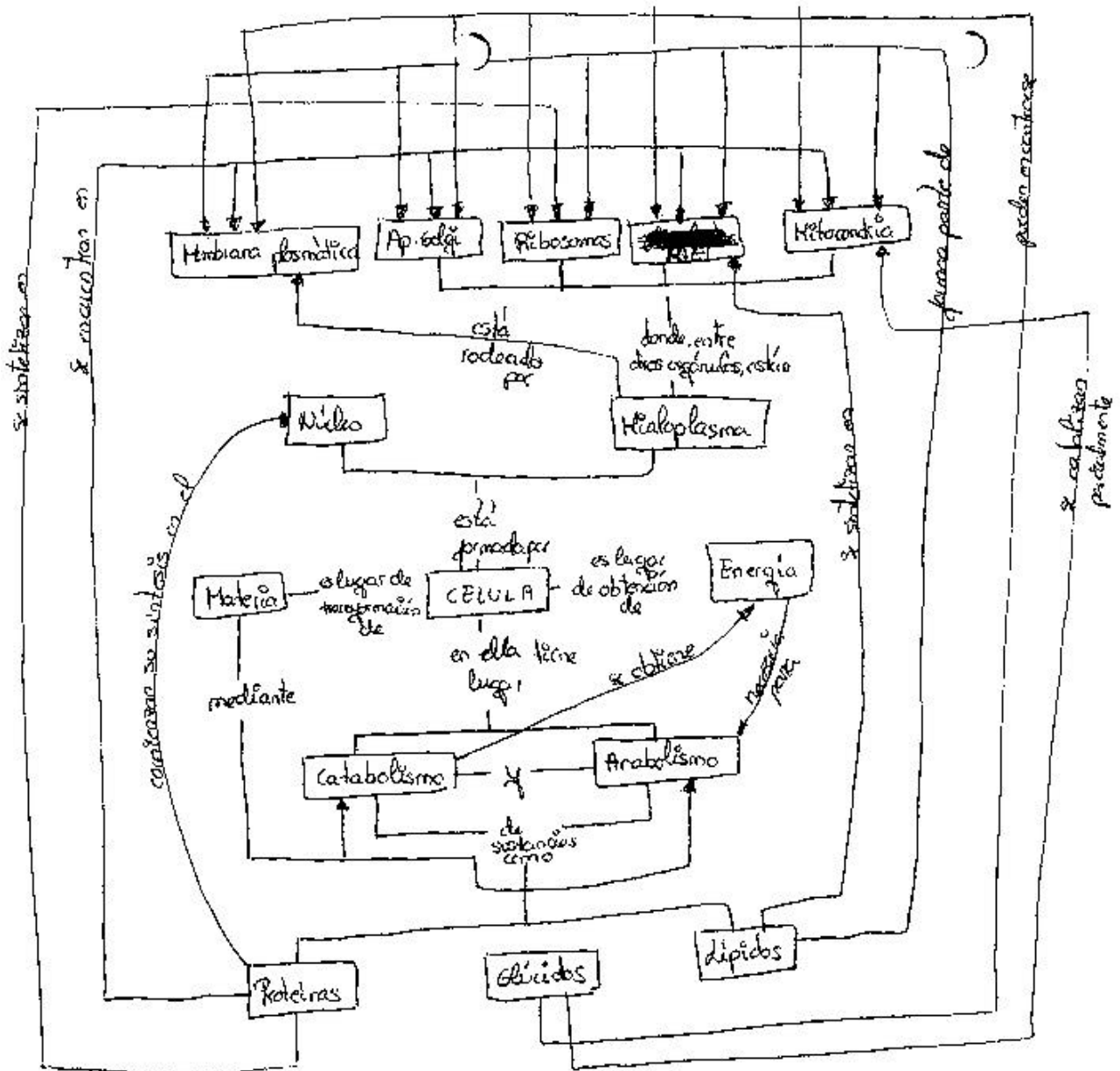
- ¿Podrías explicar por qué es necesaria la protección de una cápsula ? Emite una hipótesis y plantea la forma de comprobarla.

“Creo que las enzimas, al ser proteínas, en determinadas condiciones, podrían sufrir una pérdida de su configuración espacial: o sea, su desnaturalización: de este modo la proteína sufre una modificación de sus estructuras, lo que conllevaría una disminución o quizás la pérdida total de su funcionalidad biológica. Por esta razón, las enzimas amilasas, proteasas y lipasas se ingieren dentro de una cápsula; así se evita la posible desnaturalización, ya que en caso contrario, si las enzimas se desnaturalizan, no tendrían funcionalidad biológica, y, por tanto, no ayudarían nada a restituir la escasez de enzimas digestivos que catalicen las reacciones de la digestión. Para comprobarlo, haría ingerir al enfermo, una serie de enzimas (iguales: lipasas, proteasa, ... etc) pero esta vez sin protección alguna, es decir, las sacaría de la cápsula. Transcurrido un tiempo, observaría resultados y me daría cuenta de que esta persona con escasez de enzimas digestivos, no ha mejorado nada, y continuaría con problemas en su digestión. Luego le administraría enzimas encapsuladas, y obtendría, según mi hipótesis, unos resultados favorables y muy efectivos para el paciente. Las enzimas ayudarían en las reacciones metabólicas de nuevo”.

Nótese que razona con cierta lógica aunque no sea correcta biológicamente, es decir, su modelo le permite deducir y razonar anticipando posibles comportamientos en la medida en que ve esa materia vida en acción, aunque su corrección científica sea discutible. Genoveva no ha advertido que si una persona ingiere esas sustancias enzimáticas tan potentes sin encapsular, producirían su acción antes del momento adecuado, pero tiene en su cabeza, ¡aunque no sea correcta!, una representación que da cuenta de fenómenos que son dinámicos y que se sostienen y apoyan en estructuras biológicas concretas. Los modelos mentales, como intermediarios que son en la comprensión, son funcionales, útiles para la persona que los construye y no necesariamente aceptados por la comunidad científica; lo anterior es un ejemplo de un modelo mental complejo, dinámico, causal, pero no aceptado científicamente, no coincidente con el modelo conceptual que explica dichos fenómenos. Al ejecutarlo, esta joven aplica con acierto algunos de los conceptos implicados en la situación problemática que se plantea y trabaja con ellos, pero en otros no ha captado y, por tanto, no maneja, sus atributos característicos y definitorios como conceptos biológicos.

Cuando hace el segundo mapa conceptual para expresar su forma de ver la estructura y el funcionamiento, su conocimiento acerca de la célula, (2-4-97) también Genoveva piensa en un modelo único, global, causal, como acabamos de comentar, de esta entidad. En esta ocasión, como se recordará, se limitó el número de conceptos a quince solamente y con ellos había que dar cuenta de la estructura y del funcionamiento celular. Al hacerlo, esta alumna piensa en moléculas, en dónde están y en qué es lo que hacen, es decir, otra vez nos encontramos ante un conjunto de elementos, otro de propiedades y características y otro de interacciones y relaciones entre los mismos. Es un mapa muy compacto y simétrico en el que la selección conceptual es adecuada y consistente, uniendo los conceptos elegidos con nexos explicativos, dando como resultado proposiciones significativas desde el punto de vista biológico, proposiciones que se consideran el reflejo o correlato del significado que ella les atribuye en su modelo y, de hecho, se plasma algún que otro error. Se muestran como dato tanto el mapa conceptual en sí como la explicación que se añade del mismo. Obsérvese cómo hay un eje básico fundamental y a un lado figuran procesos y moléculas que los llevan a

cabos, mientras que al otro sitúa las estructuras, estableciendo “a posteriori” localización y procesos a través de nexos.



“Para empezar, es algo difícil concentrar mi conocimiento sobre el tema en tan solo quince conceptos pero espero haberlo hecho más o menos bien (al menos lo intento). La jerarquización es de adentro hacia fuera en los cuatro sentidos del cuadrilátero. He colocado célula en el centro ya que es el concepto más importante y del cual estamos tratando. La célula, unidad vital y funcional de todo ser vivo, se compone de un núcleo y el hialoplasma (rodeados por membranas); en el hialoplasma flotan diferentes orgánulos, entre los que cabe citar: Mitocondria, Aparato de Golgi, Ribosomas, cloroplastos, Retículo Endoplasmático, etc. El hialoplasma se aísla del exterior mediante la membrana plasmática. En la célula se realizan reacciones de anabolismo y catabolismo de principios orgánicos como glúcidos, lípidos y proteínas que se sintetizan y pueden encontrarse en los diferentes orgánulos. La célula es el lugar de obtención de energía (en forma de ATP) que puede obtenerse en reacciones catabólicas y es necesaria en reacciones anabólicas. La célula también sirve como lugar de transformación de materia mediante el metabolismo de sustancias”.

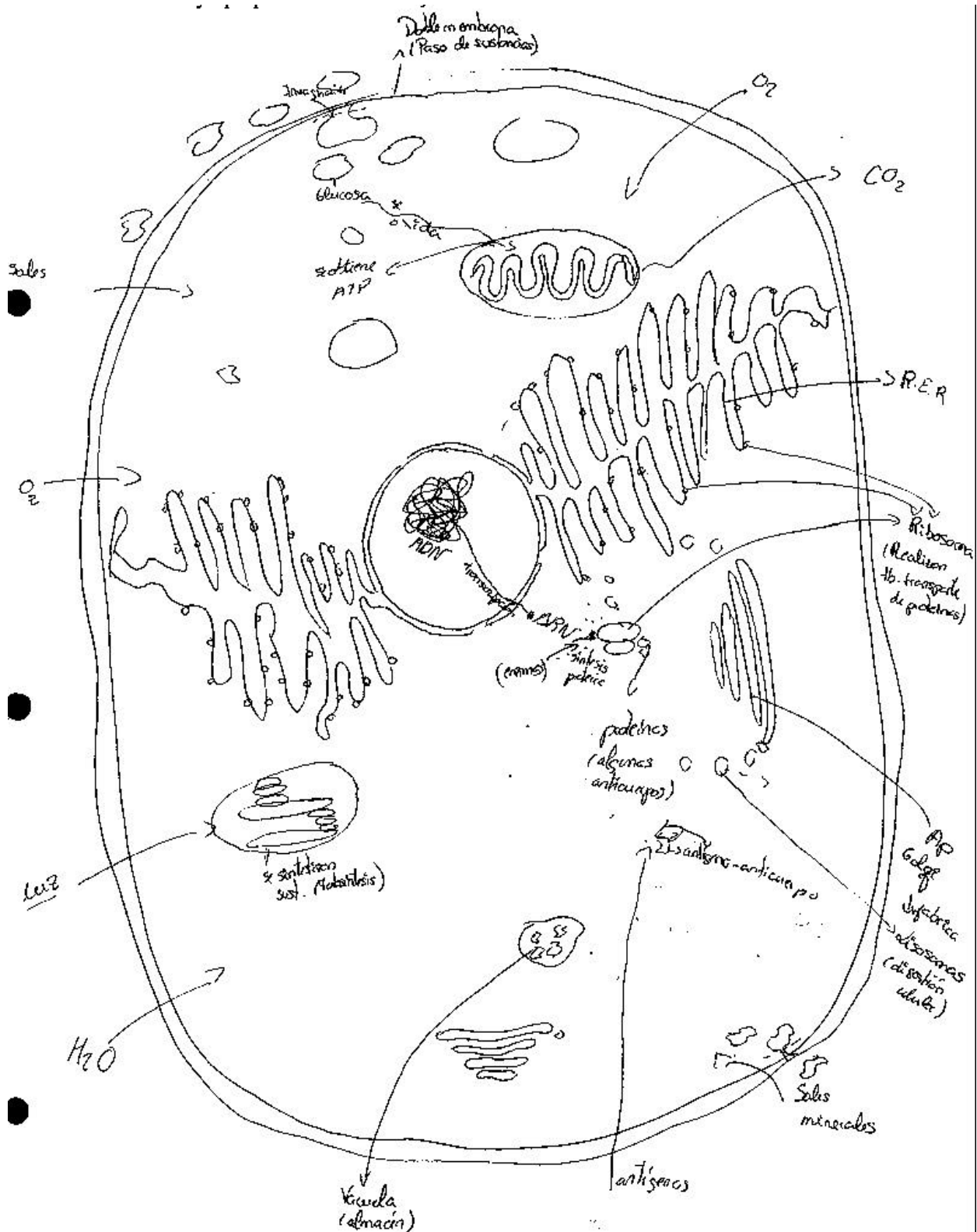
En el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) Genoveva da cuenta del papel de los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento celular del siguiente modo:

“La estructura de la célula depende junto a su funcionamiento de los ácidos nucleicos; ya que éstos poseen la información genética necesaria para que la célula pueda desarrollar sus procesos vitales, y además poseen los medios de transmisión de esta información. El ADN contiene la información genética que regulará las características de las células hijas, de la información depende el genotipo y el fenotipo de los descendientes. Este mensaje genético se transcribe al idioma de las fibras del ARN, para que se traduzca en los ribosomas y se sinteticen de este modo las proteínas diferentes. La célula, pues, depende de la información genética situada en la cromatina de su nucleolo que pasará al citoplasma y se traducirá ya a proteínas”.

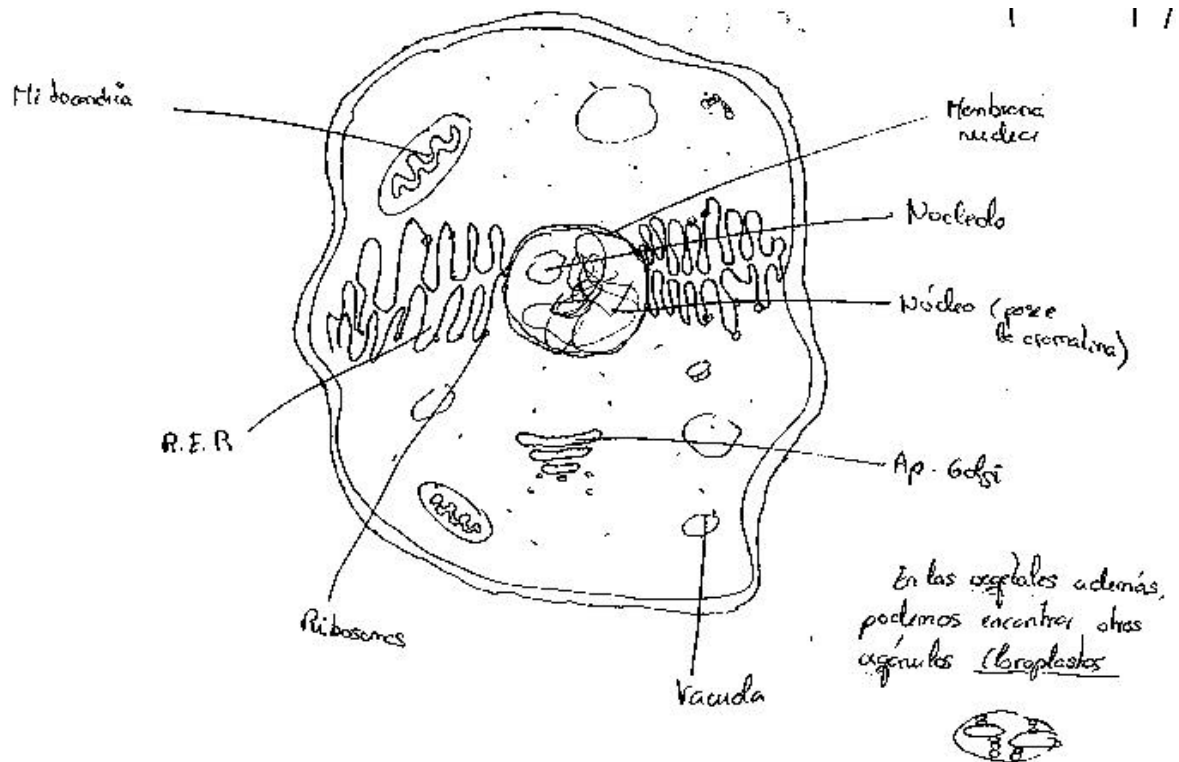
Lo anterior es un ejemplo magistral de una célula en acción en la cabeza de esta alumna; es una espléndida síntesis que evidencia una altísima comprensión de la complejidad celular. Esa concisión es la consecuencia de un modelo global, causal, según el cual las características –el fenotipo-, ¡o sea, estructuras!, dependen de las moléculas que se sintetizan que, a su vez, guardan una íntima relación con la información que se contenga en moléculas, también. Su respuesta muestra, además, su capacidad de diferenciar informaciones trabajadas en diferentes momentos del curso y reconciliarlas para dar cuenta de lo que se le pide, su poder de revisar recursivamente el conocimiento del que dispone manifestando con ello haber adquirido comprensión acerca de la entidad que representa. De esta forma, con un modelo así, es capaz de interpretar un dibujo constituido por una serie de viñetas que pretenden plasmar lo que una célula es y de deducir partiendo de los símiles que dicho dibujo incorpora, utilizando nuevamente la información que tiene y reflejando del mismo modo que en los registros anteriores, autonomía, elaboración personal, organización autónoma, coherencia, ... (12-5-97). Su producto en esta ocasión es el siguiente:

“Es una forma de representar mediante acciones de la vida cotidiana cada una de las funciones de diferentes orgánulos celulares: me parece muy ingenioso y facilita a alguien que no tenga mucho conocimiento acerca de los mecanismos del funcionamiento celular. Las imágenes se adecuan a la función de la parte de la célula; la membrana controla el paso de las sustancias como se observa también en el dibujo, en el núcleo por ejemplo se contempla la actitud reguladora de todo, se analizan quizás las informaciones genéticas de toda la célula en general y sus diferentes funciones, mandando órdenes en caso de algún problema en el funcionamiento celular. La mitocondria queda representada por una fábrica (para mí es el dibujo más adecuado y representativo de todos) que refleja la función de este orgánulo, en él tienen lugar diferentes reacciones del metabolismo de algunas sustancias, como por ejemplo el catabolismo de los glúcidos del cual obtenemos energía. En el retículo se refleja una de sus funciones como es el transporte de posibles proteínas, en la vacuola se localizan las sustancias que se van almacenando en la célula, en la vacuola digestiva están concentradas sustancias que provienen de la digestión celular que creo que estaba relacionada con los lisosomas”.

Y el dibujo que se le pide para dar cuenta de lo mismo, o sea, para plasmar gráficamente su forma de entender la estructura y el funcionamiento celular (16-5-97) manifiesta características similares; es personal y elaborado, observándose “a priori” una apariencia libresca pero incorporando una serie de frases y, sobre todo, flechas que muestran relaciones de continuidad temporal y espacial en los procesos que la célula lleva a cabo. Podría decirse que, al igual que en la interpretación del símil, se apoyó en imágenes y las usó en sus explicaciones y en su forma de pensar, que al hacer este diseño representó en su mente una célula actuando que, aunque no con profusión en lo que a uso de conceptos se refiere, “ve”, visualiza, es decir, que esta vez, se ha apoyado en imágenes de las que dispone en su mente para dar cuenta de la demanda planteada.

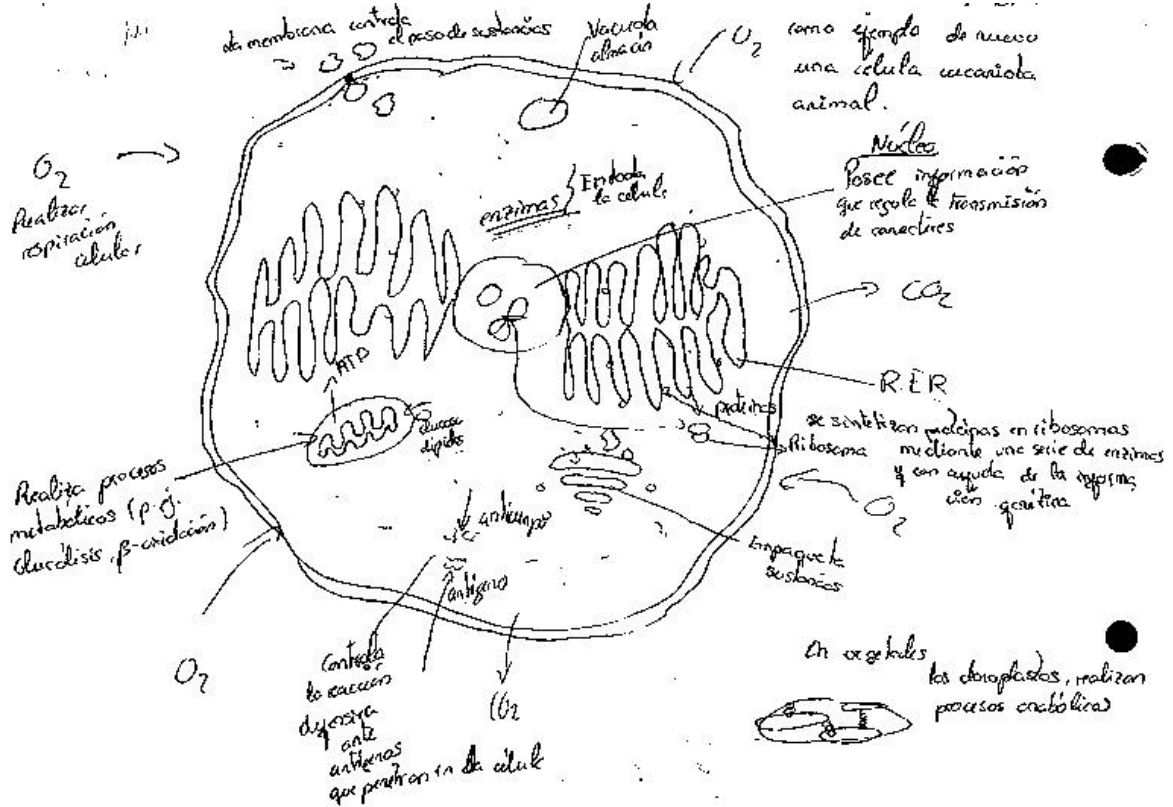


Veamos qué nos aporta su tercer mapa conceptual con respecto a su forma de pensar en la célula (19-5-97). Nuevamente se solicitó para expresar el conocimiento disponible sobre la estructura y el funcionamiento celular pero sin limitar el número de conceptos seleccionados. Su elección es adecuada y consistente, un conjunto de conceptos estructurales, funcionales y generales que justifican acertadamente la entidad celular y que Genoveva relaciona con nexos explicativos que dan sentido al significado que les atribuye. Se observan cuatro vertientes bien delimitadas (composición química,



Esa diferencia se plasma también cuando Genoveva da fe del requerimiento de dibujar cómo funciona una célula. En octubre, como se recordará, no lo dibujó y recurrió a analogías autónomas para dar cuenta de ello; ahora nos presenta lo siguiente:

“Es un “poquito” difícil plasmar en un dibujo todos los procesos que se llevan a cabo en una célula, pero se intentará. Tomo como ejemplo de nuevo una célula eucariota animal”.



¿Podría decirse que ha captado la complejidad celular? Parece ser que sí; ¿podría decirse que piensa con imágenes, que “ve” esa complejidad? Esta vez el gráfico no es tan simple como el anterior, pues muestra relaciones de continuidad, si bien hemos de aceptar que el diseño es bastante libresco. Cabe, ante lo anterior, la duda razonable al respecto, aunque parece probado que al hacer este cuestionario, Genoveva usara mentalmente imágenes al elaborar sus respuestas. Y otra vez nos encontramos con algo que se repite en esta alumna: partes determinadas que tienen una serie de características concretas que permiten realizar las reacciones metabólicas y, por tanto, actuar como unidades vivas. Eso es lo que se desprende de la respuesta que vemos a la pregunta:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“A una célula le hacen falta muchas cosas para serlo. Necesita poder llevar a cabo las funciones vitales básicas, para poder subsistir y procrearse. Necesita poseer unas partes determinadas con características químicas y estructurales distintas que les permitan realizar todas las reacciones del metabolismo”.

La entrevista final que se le hace a Genoveva (12-6-97) es otro ejemplo de las características de su discurso: elaboración personal en sus frases, coherencia y alto grado de aplicación de ¡abundantes! conceptos, organización autónoma de la información, deducciones e inferencias elaboradas. Todo ello nos lleva a deducir que ejecutó un modelo causal, global, único, un modelo mental de célula que integra su estructura y su comportamiento, un modelo que, si atendemos a la cantidad de elementos y procesos que visualiza en términos biológicos, trabaja con imágenes en las que se apoya en sus explicaciones. Tiene un análogo en su cabeza pero más simple que la entidad real que el mismo representa, un análogo dinámico, constituido por una serie de elementos que se relacionan.

ML : ¡ya ! a ver, ¿esta imagen se parece a tu imagen de la célula ?

Genoveva : ..., ... *no*.

ML : no ; ¡ah ! tu imagen de la célula es distinta a esto.

Genoveva : ¡tch ! hombre, ésta está más ..., la mía es más sencilla.

ML : ésta la ves más sencilla.

Genoveva : *no, no, la que yo tengo.*

ML : ¡ah ! la tuya, la mía.

Genoveva : *ésta la veo máaaas.*

ML : ¡ya ! ¡ya ! la tuya es más sencilla. Dime qué diferencias hay.

Genoveva : *hombre, yo veo los orgánulos yyy ¿sabes ? pero no lo veo asiii ... todooo, todo junto, no sé.*

ML : todo junto.

Genoveva : *¿sabes ? lo veo pero aquí es queee ... no sé, la mía más sencilla, típicaaa ¿sabes ? yo distingo los orgánulos y tal pero no, ... no me viene tan, tan detallada como ésa.*

ML : no viene tan detallada ; quieres decir que esto está muy mezclado, muy metido todo junto.

Genoveva : *no, así es como es la célula ¿sabes ? pero.*

ML : ¡ah ! así es como es la célula.

Genoveva : *al [...] pues, ¿sabes ? si lo acoplo todo, yo sé cómo está relacionado pero no la veo tan clara como una foto.*

ML : ¡aja ! ¿la ves, tus elementos son más dispersos ?

Genoveva : ¡mj !

ML : ¿eso es lo que quieres decir?

Genoveva : *sí que no hay tantaaa*

ML : es que como haces con las manos así, no hay tantas cosas.

Genoveva : no, es que yo , yo me imagino la célula ¿no ? entonces ya yo dentro de esa célula pues sitúo todos los orgánulos y sé más o menos cómo están relacionados entre ellos pero no lo hago así tan ... no está tan compacto.

Es un modelo causal que le permite deducir incluso el estado fisiológico de una célula ante la observación de una fotografía de microscopía electrónica.

ML : que parecen ribosomas. ¿Qué más podrías ii, identificar, deducir ?

Genoveva : ... que está en interfase, no, no veo que se esté dividiendo la célula.

ML : ¡mj !

Genoveva : porque está el núcleo bien definido.

Y su modelo es único, es el mismo, ejecuta exactamente la misma representación para atender a la estructura o al funcionamiento celular.

ML : supón que tienes que dar una conferencia.

Genoveva : ¿sobre la estructura de la célula ?

ML : sobre la estructura ; ¿cómo organizas la información ?

Genoveva : bueno pues ... diciendo que la célula está dividida en citoplasma y núcleo, está rodeada por la membrana, los, empiezo a hablar de lo que está dentro del citoplasma, de los diferentes orgánulos, cómo es cómo es su estructura, más o menos lo que pasa, ... cómo se relaciona la estructura con la función que tiene ese orgánulo y luego ya el núcleo y ... explicaría lo que hay dentro, el ADN y todo eso.

ML : ¡mj ! ¿qué has usado para organizar la información de esa manera : imágenes, texto ?

Genoveva : todo lo que sé.

ML : todo lo que sabes.

Genoveva : todo mezclado.

ML : todo mezclado, tanto imágenes como texto.

Genoveva : sí.

ML : porque es curioso, yo te decía : para que hicieras una conferencia sobre la estructura y me has dicho : diría lo que ocurre en cada orgánulo ... y eso afecta más a funcionamiento ¿no ? ... Ahora te digo : tienes que dar una conferencia larga, una exposición sobre el funcionamiento de una célula, ¿cómo organizas la información ?

Genoveva : ... del mismo modo, yo ... no podría ¿sabes ? yo siempre intentaría relacionar la estructura con el funcionamiento, no plasmar sólo ... decir pues la mitocondria pasa esto y esto ; se supone que pasan esas reacciones porque la mitocondria está ... preparada para que pasen, entoncees me ayudaría de dibujos

Un modelo el suyo que ha evolucionado a lo largo del curso, que se ha enriquecido en lo que a elementos de sus conjuntos se refiere, que ha incorporado nueva información a aquél con el que empezó, del que tenía una vaga imagen, y al que le ha introducido complejidad; ¡ya lo habíamos dicho!: Genoveva ha percibido y/o concebido la complejidad celular –mundo real- en su modelo haciéndolo progresivamente más complejo como intermediario para conseguirlo y en ese camino fue incorporando para ello también el uso de imágenes en su cabeza.

Genoveva : pues al principio de curso ¡bufh ! no sé, tendría una vaga imagen de lo que era la célula y luego ya ... pues voy incorporando las cosas que [...]

ML : ¿las cosas qué ?

Genoveva : que voy aprendido nuevas.

ML : ¡mj !

Genoveva : pues las voy introduciendo en el modelo que tenía y cada vez se va haciendo más complejo.

Genoveva comenzó el curso operando con una célula-estructura básicamente, representación en la que había también una cierta célula-funcionamiento, pero ese

modelo evolucionó rápidamente a un modelo causal, global, único de la célula que actuaba y daba cuenta indistintamente de su estructura y de su comportamiento, un modelo mental suficientemente explicativo y suficientemente predictivo como para dotarla de comprensión biológica al respecto; construía sistemáticamente y ejecutaba un modelo muy personal y autónomo porque era capaz de modelar esa célula en acción en su cabeza, echando mano acertada y equilibradamente de conceptos estructurales (tanto organulares -¡que ya poseía como elementos!- como moleculares) y comportamentales (tanto metabólicos -¡nuevos!- como de otros naturales –conocidos algunos ya y nuevos otros-), junto con conceptos de carácter general. Y es que esta alumna fue incorporando progresivamente a su estructura cognitiva elementos conceptuales que le permitieron construir esa complejidad que ella misma admite haber captado de la célula que representa. Lo ha hecho, como hemos visto, de una manera peculiar; quizás podamos afirmar que Genoveva es un ejemplo perfecto en su modo de procesar la información de lo que Johnson-Laird llamó en su día los tres conjuntos de los que ya se ha hablado: conjunto de elementos que representan el conjunto de entidades (moléculas y orgánulos); conjunto de propiedades y características de esos elementos que representan propiedades y características de esas entidades (propiedades físico-químicas de moléculas y orgánulos); y, por último, conjunto de relaciones e interacciones entre esos elementos que representan las relaciones e interacciones entre las entidades en el mundo real (o sea, las relaciones e interacciones que se establecen entre moléculas y orgánulos y que dan “vida” a la estructura celular). Como se habrá observado, son varias las veces en las que esta joven ha recurrido a esas características de esos elementos para justificar sus papeles biológicos y reacciones y, por ende, el comportamiento celular. Parece, pues, un magnífico ejemplo “teórico”, “de libro” de los referentes que guían la presente investigación. Genoveva ha podido procesar toda esa nueva y compleja información (¡abstracta información!), ha podido operar con ella porque para ella dejó de ser un conjunto de indeterminaciones insostenible, en la medida en que construyó los elementos necesarios y suficientes en cada uno de los tres conjuntos constituyentes de su modelo mental, en la medida en que construyó (generó) los “tokens” en que soportarlo. Y ese modelo mental causal, único, explicativo y predictivo que la dota de comprensión podríamos admitir que cuando acaba el curso, además, opera, si bien no con profusión, con el concurso de algunas imágenes en las que se apoya para comunicar esas explicaciones y predicciones que su modelo mental D le permiten.

ANEXO N° 37:

ESTEBAN

NOMBRE: Esteban

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, organismos, orgánulos, núcleo, funciones vitales, nutrición, reproducción, relación, información, entropía, energía, nutrientes, ácido nucleico, membrana, materia, membrana nuclear, vida, medio.	Célula, membrana, mitocondria, cloroplasto, retículo endoplasmático, núcleo, membrana nuclear, citoplasma, vacuola, energía, materia, organismos, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, metabolismo, anabolismo, catabolismo, información genética, orgánulos, vida, eucariotas.	funciones vitales, energía, entropía, vida, células, reproducción, nutrición, relación, información genética, materia, organismos, orgánulos, transmisión, seres vivos, medio, mitosis, código genético, agua, cromosoma, citoplasma, membrana nuclear, ácidos nucleicos, diploide, haploide, cromátidas, gametogénesis, fotosíntesis, animales, vegetales, núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmático, membrana celular, anabolismo, degradación, ADN, reproducción sexual.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal (Ej: preg. 3 -frases)	Elaboración personal (Ej: preg. 3 -frases)	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Simple y pobre
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma (Ej: preg. 6)	Repetición mecánica (Ej: preg. 4 y 6; errores por contestar mecánicamente)	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso (2º y 3º) (¡muy pobres!) No uso (1º)	Uso (1º y 3º) (¡muy, muy pobres!) No uso (2º)	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: molécula/cadena. • Proteína: cadena más compleja. • Lípido: jaboncillo, cera de velas. • Ácido nucleico: ADN, cromosoma. • Energía: la célula. • Entropía: el espacio. • Célula: cosita redonda, foto en la que puede marcar recorridos, imagen de Érase una vez la vida. • Meiosis: división de ADN, imagen dinámica. • Reproducción: gametogénesis (de 3º de BUP). • Anabolismo: fotosíntesis: hoja, llegada del Sol, ... • Ser vivo: animales y vegetales. • Nutrición: comer. • Relación: yo mismo con el medio.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Pobres	Pobres (¡muy pobres!)
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	No se detectan	No se detectan.

- La foto de M.E. no se parece a su imagen; su imagen es como un dibujo; la foto es más compleja. Su modelo es más simplificado.
- Pág. 9 A: intenta buscar semejanzas entre el suyo y éste En su modelo cada orgánulo se ve solo y diferenciado. Su modelo (pág. 10) intenta hacerlo más fácil.
- No tiene modelo de funcionamiento.
- Si tuviera que explicar, recurriría a estructura y a funcionamiento; por ejemplo, al hilo de una molécula que entra y el recorrido que sigue; en funcionamiento sabe más bien ideas sueltas.
- Pág. 11 A: ¡¡ojo! Si se tiene un modelo simple, de una única imagen, no se puede reflejar gráficamente el funcionamiento de una célula porque, al ser funcionamiento, tiene que ser una imagen dinámica ¡o muchas imágenes!; esto guarda relación con lo que dijo Marco de un modelo apegado a una o a muchas imágenes -cuando maneja muchas imágenes o es capaz de manejar muchas imágenes, evidentemente es más rico y mucho más explicativo, más potente y permite más inferencias].

NOMBRE: Esteban

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, funciones vitales, metabolismo, citosol, anabolismo, catabolismo, heterótrofo, autótrofo, energía, ATP, digestión, fotosíntesis, vacuolas, materia, ciclo de Krebs-glucólisis-cadena respiratoria.	Célula, energía, ADN, estructura, anabolismo, catabolismo, núcleo, citoplasma, orgánulos, membranas, materia, carburantes metabólicos, exterior, ATP, glúcidos.	Entropía, célula, energía, relación, nutrición, reproducción, membrana, citoplasma, núcleo, membrana nuclear, mitosis, permeabilidad selectiva, orgánulos, catabolismo, anabolismo, ácidos nucleicos, materia propia, ATP, combustibles metabólicos, productos de desecho.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria	Arbitraria (Ej: estructura, exterior y conceptos-clave en nexos)	Arbitraria (Ej: materia propia, combustibles metabólicos, productos de desecho y conceptos-clave en nexos; además, no hay criterio en la selección: ácidos nucleicos y no el resto de los principios inmediatos)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas	Poco significativas	Poco significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Ausente	Ausente	Débil (Ej: niveles más o menos claros: primero funciones/partes, procesos)
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
	La explicación no es mala; coherente y autónoma	Explicación coherente y autónoma; no se corresponde con un mapa tan flojo	No explica

NOMBRE: Esteban

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Célula, núcleo, información, membrana, semipermeabilidad, vacuola.	Vida, célula, energía, enzima, animal, agua, metabolismo, sales minerales, sales vegetales, plasmólisis, pared celular, turgencia, funciones vitales, organismo, seres vivos, materia, ósmosis.	Glucólisis, energía, organismo, citosol, enzimas, fotosíntesis, autótrofos, principios inmediatos, sales minerales, ATP, glúcidos, reacciones, células, digestión, nutrientes, metabolismo, catabolismo, anabolismo, orgánulos, fermentación, heterótrofos, lípidos, combustibles, entropía, degradación, síntesis, materia, monosacárido.	Célula, organismo, membrana plasmática, lípidos, permeabilidad, citoplasma, orgánulos, funciones vitales, núcleo, membrana nuclear, ADN, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondria, β -oxidación, crestas mitocondriales, dictiosomas, lisosomas, vacuolas, degradación, medio.	Proteínas, membrana plasmática, endomembranas, citoesqueleto, organismo, biocatalizadores, reacciones, metabolismo, enzimas, energía, materia, células, combustión, aminoácidos, síntesis, respuesta inmune, inmunidad, medio, suero.	Cromosomas, mitosis, meiosis, reproducción sexual, gametos, células, haploides, sexo, gametogénesis, espermatogénesis, oogénesis, reproducción asexual, organismos, vegetales, variabilidad, núcleos, herencia, DNA, cromátidas, centrómero, ácidos nucleicos, información genética, proteínas, homocigótico, recesivo, genotipos, fenotipos.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal (Ej: A)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma (Ej: camión)	Organización autónoma	Repetición mecánica (Ej: errores por contestar mecánicamente)	Organización autónoma	Repetición mecánica (falta argumentación; frases típicas)	Organización autónoma (Ej: reproducción)
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas (Ej: A y camión otra vez)	Elaboradas	Elaboradas (Ej: preg. 6)	Elaboradas (Ej: preg. 5)	Elaboradas (Ej: preg. 5)	Pobres
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	Ácidos nucleicos: como patrón: información genética de la célula, es decir, toda la información de su estructura y funcionamiento. Extrabiol./autónoma.

NOMBRE: Esteban

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> No hace 1º dibujo. <p>Núcleo, célula, nutrientes, membrana, orgánulos, citoplasma, ácidos nucleicos, material genético, membrana nuclear.</p>	<ul style="list-style-type: none"> No hace 2º dibujo. En el 3º dibujo: lo mismo de siempre. <p>Membrana, mitocondria, retículo endoplasmático, núcleo, cloroplasto, membrana nuclear, citoplasma, vacuola, información genética.</p>	Membrana plasmática, proteína, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, lisosomas, mitocondria, núcleo, cloroplasto, vacuola, citoplasma.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro (¡y si acaso!)	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (¡muy pobre!) (frases relativamente largas ¡y pocas!) en el dibujo de funcionamiento)	Identificación (¡y muy limitada!)	Identificación
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos	Simple-estático

NOMBRE: Esteban

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Célula, organismos, orgánulos, núcleo, funciones vitales, nutrición, reproducción, relación, información, entropía, energía, nutrientes, ácido nucleico, membrana, materia, membrana nuclear, vida, medio.
Origen de la vida 18/11/96	Vida, célula, energía, enzima, animal, agua, metabolismo, sales minerales, vegetales, plasmólisis, pared celular, turgencia, funciones vitales, organismo, seres vivos, materia, ósmosis.
ex. GLUC. 9/12/96	Glucólisis, energía, organismo, citosol, enzimas, fotosíntesis, autótrofos, principios inmediatos, sales minerales, ATP, glúcidos, reacciones, células, digestión, nutrientes, metabolismo, catabolismo, anabolismo, orgánulos, fermentación, heterótrofos, lípidos, combustibles, entropía, degradación, síntesis, materia, monosacárido.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Célula, funciones vitales, metabolismo, citosol, anabolismo, catabolismo, heterótrofo, autótrofo, energía, ATP, digestión, fotosíntesis, vacuolas, materia, ciclo de Krebs-glucólisis-cadena respiratoria.
ex. LÍP. 26/2/97	Célula, organismo, membrana plasmática, lípidos, permeabilidad, citoplasma, orgánulos, funciones vitales, núcleo, membrana nuclear, ADN, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, mitocondria, β -oxidación, crestas mitocondriales, dictiosomas, lisosomas, vacuolas, degradación, medio.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, membrana plasmática, endomembranas, citoesqueleto, organismo, biocatalizadores, reacciones, metabolismo, enzimas, energía, materia, células, combustión, aminoácidos, síntesis, respuesta inmune, inmunidad, medio, síntesis de proteínas, suero.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Célula, energía, ADN, estructura, anabolismo, catabolismo, núcleo, citoplasma, orgánulos, membranas, materia, carburantes metabólicos, exterior, ATP, glúcidos.
ex. AN. 12/5/97	Cromosomas, mitosis, meiosis, reproducción sexual, gametos, células, haploides, sexo, gametogénesis, espermatogénesis, oogénesis, reproducción asexual, organismos, vegetales, variabilidad, núcleos, herencia, DNA, cromátidas, centrómero, ácidos nucleicos, información genética, proteínas, homocigótico, recesivo, genotipos, fenotipos.
Símil de la fábrica 12/5/97	Célula, núcleo, información, membrana, semipermeabilidad, vacuola.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Membrana plasmática, proteína, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso, lisosomas, mitocondria, núcleo, cloroplasto, vacuola, citoplasma.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Entropía, célula, energía, relación, nutrición, reproducción, membrana, citoplasma, núcleo, membrana nuclear, mitosis, permeabilidad selectiva, orgánulos, catabolismo, anabolismo, ácidos nucleicos, materia propia, ATP, combustibles metabólicos, productos de desecho.
Cuestionario final 28/5/97	Célula, membrana, mitocondria, cloroplasto, retículo endoplasmático, núcleo, membrana nuclear, citoplasma, vacuola, energía, materia, organismos, funciones vitales, nutrición, relación, reproducción, metabolismo, anabolismo, catabolismo, información genética, orgánulos, vida, eucariotas.
Entrevista. 19/6/97	funciones vitales, energía, entropía, vida, células, reproducción, nutrición, relación, información genética, materia, organismos, orgánulos, transmisión, seres vivos, medio, mitosis, código genético, agua, cromosoma, citoplasma, membrana nuclear, ácidos nucleicos, diploide, haploide, cromátidas, gametogénesis, fotosíntesis, animales, vegetales, núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmático, membrana celular, anabolismo, degradación, ADN, reproducción sexual.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEM. ESTRUC: Orgánulos	Orgánulos, núcleo, membrana, membrana nuclear.	Pared celular.	Citosol, orgánulos.	Citosol, vacuolas.	Membrana plasmática, citoplasma, orgánulos, núcleo, membrana nuclear, retículo endoplasmáti co, aparato de Golgi, mitocondria, crestas mitocondrial es, dictiosomas, lisosomas, vacuolas.	Membrana plasmática, endomembra nas, citoesqueleto .	Núcleo, citoplasma, orgánulos, membranas.	Cromosomas , núcleos, centrómero.	Núcleo, membrana, vacuola.	Membrana plasmática, aparato de Golgi, retículo endoplasmáti co rugoso, retículo endoplasmáti co liso, lisosomas, mitocondria, núcleo, cloroplasto, vacuola, citoplasma.	Membrana, citoplasma, núcleo, membrana nuclear, orgánulos.	Membrana, mitocondria, cloroplasto, retículo endoplasmáti co, núcleo, membrana nuclear, retículo endoplasmáti co, vacuola, orgánulos.	Orgánulos, cromosoma, citoplasma, membrana nuclear, núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmáti co, membrana celular.	AG2,centróm ero1,ctq1,ctpl 6,ctsl2,clpt2, crestasmit1,c rma2,dictioso ma1,liss2,m mbr9,mmbrc e11,mmbnuc 5,mmbbrplas m3,mitc4,nú c19,org7,pared cel1,RE4,RE L1,RER1,.
Moléculas	Nutrientes, ácido nucleico.	Enzima, agua, sales minerales.	Enzimas, principios inmediatos, sales minerales, ATP, glúcidos, nutrientes, lípidos, combustibles , monosacárid o.	ATP.	Lípidos, ADN.	Proteínas, biocatalizado res, enzimas, aminoácidos.	ADN, ATP, glúcidos.	DNA, cromátidas, ácidos nucleicos, proteínas.	-	Proteína.	Ácidos nucleicos, ATP, combustibles .	-	Agua, ácidos nucleicos, cromátidas, ADN.	AN4,ADN3, agua2,aa1,A TP4,cromát2, enz3,glúc2,lí p2,monosac1 ,nutriente2,PI 1,prot3,sm2.
PROCESOS Mts.	-	Metabolismo	Glucólisis, fotosíntesis, autótrofos, digestión, metabolismo, catabolismo, anabolismo, fermentación , heterótrofos, degradación, síntesis.	Metabolismo , anabolismo, catabolismo, heterótrofo, autótrofo, digestión, fotosíntesis, ciclo de Krebs, glucólisis, cadena respiratoria.	β-oxidación, degradación.	Metabolismo , combustión, síntesis de proteínas.	Anabolismo, catabolismo.	-	-	-	Catabolismo, anabolismo.	Metabolismo , anabolismo, catabolismo.	Fotosíntesis, anabolismo, degradación.	Anb6,autóf2, â- ox1,cadresp1 ,cat5,cKrebs1 ,digest2,ferm et1,ftst3,gluc ólisis2,heteró f2,mtb5,sínte sis4, sprot1,.
Otros	Funciones vitales, nutrición, reproducción , relación.	Plasmólisis, turgencia, funciones vitales, ósmosis.	-	Funciones vitales.	Funciones vitales.	-	-	Mitosis, meiosis, reproducción sexual, haploides, reproducción asexual.	-	-	Relación, nutrición, reproducción , mitosis.	Funciones vitales, nutrición, relación, reproducción .	Funciones vitales, reproducción , nutrición, relación, mitosis, reproducción sexual.	Diploide1,F V6,haploides 1,meiosis1,m itosis3,nut4,ó smosis1,plas mólisis1,rel4, rep5,rasex1,r sex2,turgia1.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
CONCEPs GRALES:	Célula, organismos, información, entropía, energía, materia, vida, medio.	Vida, célula, energía, animal, vegetales, organismo, seres vivos, materia.	Energía, organismo, reacciones, células, entropía, materia.	Célula, energía, materia.	Célula, organismo, medio.	Organismo, reacciones, energía, materia, células, medio.	Célula, energía, materia.	Células, organismos, vegetales, variabilidad, herencia, información genética.	Célula, información.	-	Entropía, célula, energía, materia.	Célula, energía, materia, organismos, información genética, vida, eucariotas.	Energía, entropía, vida, células, información genética, organismos, transmisión, seres vivos, medio, animales, vegetales.	Ani2,célula1 2,energía9,entropía4,eucariot1,herencia1,información5,información3,materia8,medio4,organismo8,react2,svv2,vgt3,vida4.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Permeabilidad.	Respuesta inmune, inmunidad, suero.	-	Gametos, sexo, gametogénesis, espermatogénesis, oogénesis, homocigótico, recesivo, genotipos, fenotipos.	Semipermeabilidad.	-	Permeabilidad.	-	Código genético, diploide, haploide, gametogénesis.	Código genético1, fenotipo1, gametotipo2, genotipo1, permeabilidad3, resp.inmune1, sexo1, suero1.
MODELO	A	B	B	A	B/C	B	A/B	B	A	A	B	B	A	B

¿Cómo piensa Esteban la célula a lo largo del curso? Lo primero que llama la atención es su pobre incorporación conceptual, el limitado uso que hace de los conceptos específicos que dan cuenta de la estructura y del comportamiento celular. Esteban progresiva, aunque lenta y tardíamente amplía su conjunto de elementos estructurales organulares, muy poco en lo que se refiere a moléculas y, en el terreno funcional, en un par de ocasiones a lo largo del curso hace uso con profusión, por ejemplo, de conceptos metabólicos, pero son conceptos que tienen poca y muy baja continuidad en su forma de pensar, poca significatividad si atendemos a lo escaso y limitado de su uso en registros posteriores; de hecho, a lo largo del periodo escolar en el que trabaja con el contenido celular, se observa que en varias ocasiones ni siquiera recurre a estos conceptos metabólicos ni comportamentales de otra naturaleza, ejecutando solamente una célula-estructura que incluso en sus elementos constituyentes es pobre e insuficientemente explicativa en términos biológicos. En otras ocasiones, Esteban parece manejar mentalmente un doble esquema, una célula dual, un modelo que atiende por un lado a la estructura y por otro a la dinámica que caracteriza -¡sólo parcialmente!, ya que le faltan conceptos explicativos al respecto- a una célula. Si contemplamos globalmente el conjunto de sus producciones y verbalizaciones a lo largo del curso, podemos decir que este estudiante comenzó el mismo con un modelo sólo estructural y que lo ha terminado con un modelo dual de esa célula que ejecuta y piensa cada vez que se ha enfrentado a las demandas que se le han hecho, un modelo que varias veces fue nuevamente sólo estructural y que, en todo caso, es muy escaso en lo que a sus elementos conceptuales se refiere. Veamos esos registros que nos permiten inferir que ésta es la forma de pensar la célula que caracteriza a Esteban, los modelos mentales que ha construido a lo largo del curso.

Cuando este joven hace el cuestionario inicial (18-10-96) concluimos que ha ejecutado una célula-estructura ya que no hace uso de ningún concepto metabólico, haciendo únicamente referencia a las funciones vitales para comunicar su idea de funcionamiento; sus limitaciones y su pobreza en lo que a este aspecto se refiere son evidentes y, sin embargo, se observa un grado aceptable de elaboración personal en las frases que construye, frases que une acertadamente en un discurso coherente que hace gala de una organización autónoma de la información de la que dispone. Esteban representaría la célula como sigue:

“La célula la podríamos representar como un cuerpo de forma redondeada y de superficie lisa, es decir, sin extremidades,

Para hacer un dibujo de una célula podríamos hacer una esfera dividida en dos. De esta manera en una semiesfera se representaría el aspecto exterior y en la otra el interior, compuesto de orgánulos que dibujaríamos alrededor del núcleo”.

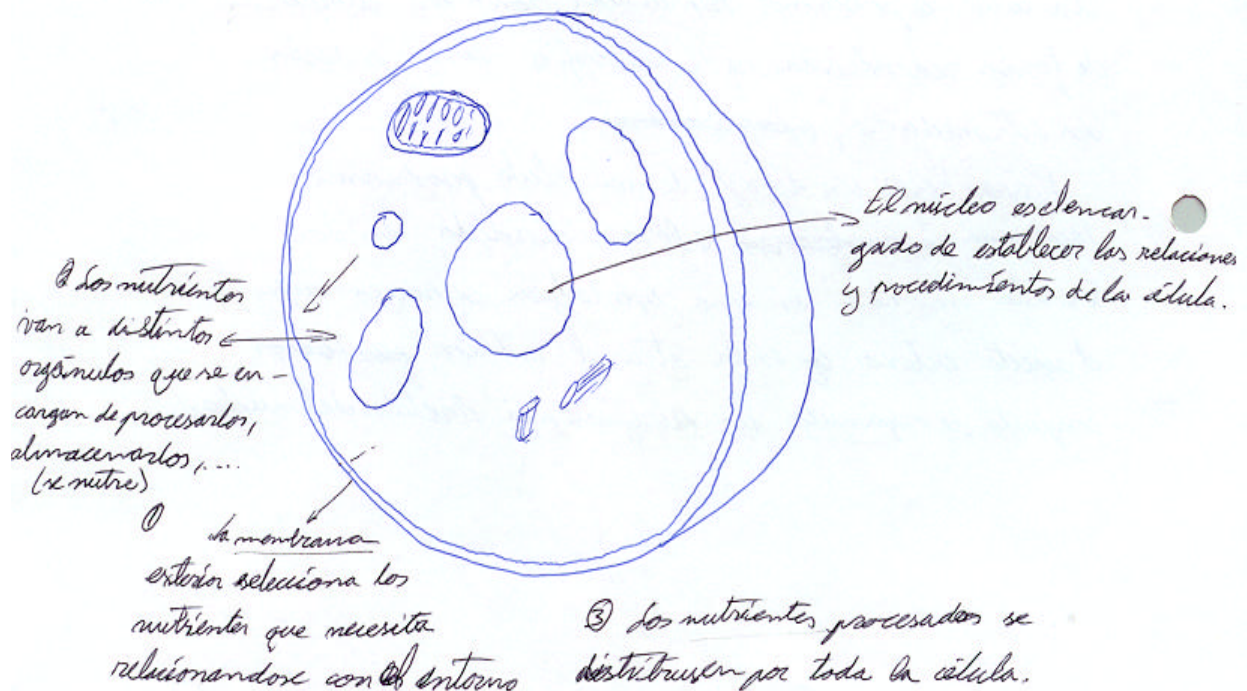
Llama la atención que no se añada ningún diseño gráfico pues la pregunta incluye: “¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?”. Es evidente que en este momento este joven “no ve” una célula en su mente o, para ser más rigurosos, no ha operado mentalmente con imagen alguna –en todo caso, algo muy simple; cuando se le piden tres frases cortas para expresar su idea de célula, nos encontramos con lo siguiente:

- *“La célula es el organismo más pequeño que puede cumplir las funciones vitales de nutrición, reproducción y relación.*
- *La célula es un organismo que está dotado de material genético que contiene la información de las características físico-químicas de la misma.*
- *La célula para vivir, crea entropía a su alrededor degradando a otras estructuras organizadas y con energía de alta calidad”.*

Y si se le requieren otras tres frases para decir cómo funciona, Esteban sólo encuentra dos:

- “La célula obtiene nutrientes de su alrededor, que procesa para obtener energía y materia utilizable para mantener su estructura.
- Todas las acciones que realiza están ordenadas por el núcleo donde hay moléculas de ácido nucleico”.

Cuando se le pide que dibuje ese comportamiento ¿qué vemos? Que, efectivamente, no trabaja con imágenes que le permitan dar cuenta de ello, haciendo uso de un simple “huevo frito” al que le añade alguna que otra frase.



¿Quiere ello decir que Esteban no imprime dinamismo a su célula, que para él no está viva? Cierta idea funcional tiene cuando nos dice que la célula “procesa”, pero hemos de admitir que su célula es muy poco biológica, un intermediario insuficientemente explicativo y predictivo de la entidad real que representa; veamos cómo cree él que funciona:

“La célula se relaciona con el medio para obtener nutrientes, una vez seleccionados los nutrientes que necesita los procesa para obtener energía, que necesita para realizar las funciones vitales, y materia, que necesita para reconstruirse. Si no consiguiera esto se degradaría.

Todas las células se reproducen de diferentes maneras, que tienen algo en común que es multiplicar primero la información genética para crear así seres de iguales características. Estos procesos se realizan durante la vida de la célula, que acaba cuando ya no pueda obtener nutrientes y energía degradando a otros, y entonces es degradada por otras células”.

Ante el examen de Origen de la Vida (18-11-96) que nos entrega Esteban, encontramos algunos detalles que merecen nuestra atención. En primer lugar observamos un discurso fluido, bien hilvanado, elaborado, coherente, autónomo, una forma de manejar y de plasmar la información que muestra indicios de que ha desarrollado y posee poder explicativo y, también, poder predictivo si atendemos a que

sus inferencias y deducciones son igualmente elaboradas; lo anterior nos llevaría a concluir que ante esta demanda, lo que ha ejecutado este joven es un modelo causal, explicativo y predictivo, pero no parece éste el caso. Por una parte, vemos que Esteban deja sin respuesta la explicación de célula que se le requiere y, por otra, tanto en el terreno funcional como en el estructural hace uso de muy pocos conceptos específicamente celulares, observándose, además, pocas conexiones entre ellos. Veamos cómo razona en este ejercicio ante la siguiente pregunta.

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchan y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“Este hecho se debe a los fenómenos osmóticos. La concentración de sales minerales en el interior de la medusa es mayor que la del agua (medio externo), y esto produce que el agua entre en la medusa, llegando a ser un 95% de la masa total.

Cuando la medusa muere, la carencia de sales minerales en el interior de dicho animal hace que, por ósmosis, el agua salga del interior y éste se arrugue y des(h)inche.

Las sales minerales son necesarias además de para realizar las funciones vitales, para mantener el aspecto físico del organismo.

Actividades para demostrar esto:

Cogemos dos recipientes con agua. El agua de uno de los recipientes (A) es destilada, es decir, carece de sales minerales, y el de la otra está saturada en sales minerales (B).

Tomando como especie animal para realizar el experimento la medusa, ya que su alto contenido en agua (95% de su masa total) hará más visible el fenómeno.

Si introducimos una medusa en el recipiente A, el agua del recipiente es hipotónica con respecto de la medusa, y por lo tanto el animal se hinchará debido al proceso osmótico.

Si introducimos una medusa en el recipiente B, el agua del recipiente es hipertónica con respecto a la de la medusa, y por lo tanto ésta se arrugará al perder agua del interior por ósmosis.

De esta manera se puede demostrar que las sales minerales influyen en el aspecto físico de los seres vivos dependiendo de la concentración del interior del mismo y de la concentración del medio externo”.

Cuando se hace el examen de Glúcidos (9-12-96) vemos que nuevamente se hace uso de muy pocos conceptos estructurales y, por el contrario, la profusión metabólica exclusivamente es enorme. Es en este tema donde se estudia en profundidad el metabolismo celular que, en definitiva, justifica el funcionamiento energético de una célula, pero no encontramos muestras en las respuestas de Esteban de que haya captado su esencia, de que le haya asignado significado biológico a los mismos, de que haya adquirido comprensión al respecto, de que el modelo que ha construido lo haya dotado de capacidad explicativa y predictiva sobre lo que una célula es y representa; de hecho, obsérvese, como ya se comentó, que en su evolución posterior el uso de estos “abundantes” conceptos que para este examen utilizó Esteban es muy limitado y en su manejo se detecta esa ausencia de comprensión manifestando errores que no son más que producto de repetición mecánica de una información que ha seguido en la mente de este joven un procesamiento limitado pues no consigue atribuirle significado biológico a tanta indeterminación que condiciona y empobrece su comprensión. Veamos un ejemplo.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
- *“Porque no posee las estructuras celulares (orgánulos) necesarias para realizar fermentaciones, es decir, no es capaz de realizar procesos anaerobios como la glucólisis.*
- *No. Ambas células respiran, consumiendo O_2 y expulsando CO_2 . Lo que sucede en el caso de la fotosíntesis, es que en este proceso mediante el cual se sintetiza materia orgánica a partir de materia inorgánica, se consume CO_2 y se genera como producto de desecho O_2 . Siendo mayor la expulsión de O_2 en la fotosíntesis que la de CO_2 en la respiración.*
- *No. Tanto en los seres autótrofos como en los heterótrofos el catabolismo de combustibles metabólicos es el mismo. Lo que es diferente es la síntesis de esos combustibles, o anabolismo.*
- *Sí. Aunque los glúcidos sean una fuente de energía de fácil utilización y gran rendimiento, la célula podría obtener energía de los lípidos, que aunque no tan rápida su utilización (degradación), también son combustibles metabólicos (o reservas energéticas)”.*

Vemos que hay cierta lógica en sus razonamientos que sigue esquemas biológicamente aceptados pero que le faltan argumentos y, de hecho, su primera respuesta olvida que la glucólisis es imprescindible para empezar a degradar la glucosa y ese proceso ocurre en el hialoplasma (que tienen todos los tipos celulares). Y es que Esteban, como muestra lo anterior, sólo ha pensado en funcionamiento celular no haciendo la más mínima referencia a su estructura ni siquiera en el último apartado, una estructura que, como vemos, ha usado poco y con muy pocos elementos en todo el ejercicio; veamos también un ejemplo de su forma de deducir en el mismo.

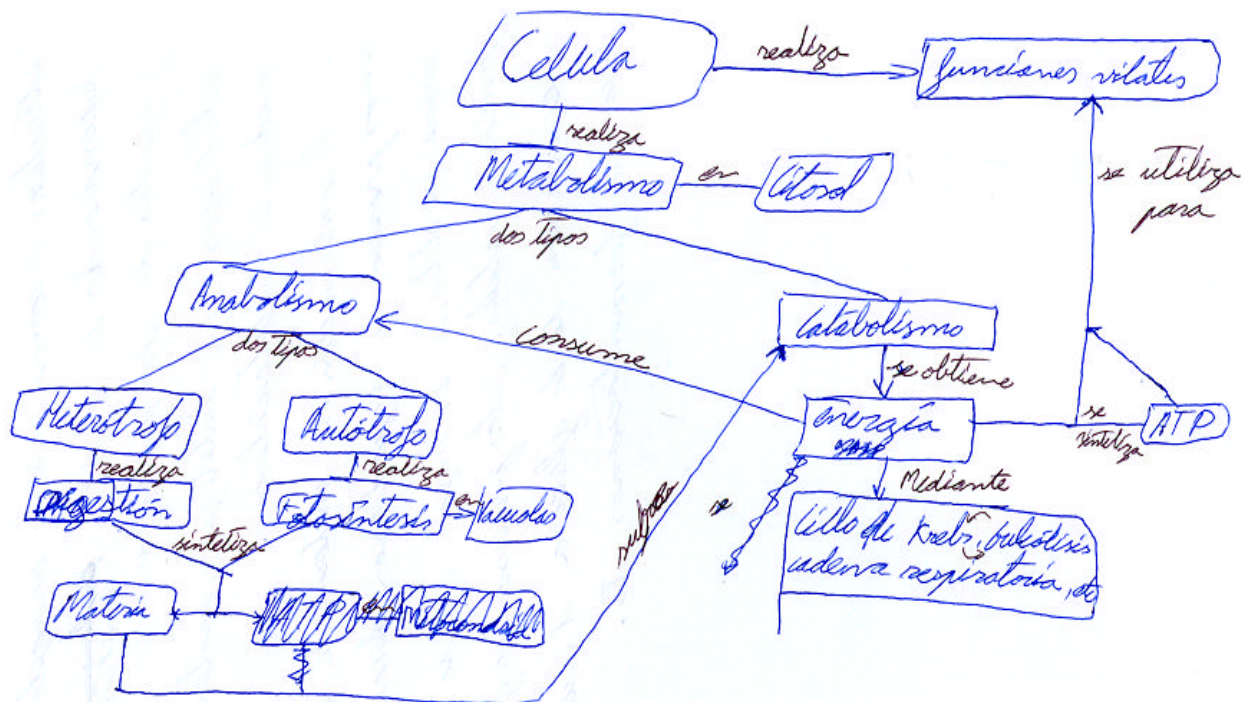
- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Las mujeres durante el periodo de ob(v)ulación tiene mayor apetencia por los alimentos dulces porque durante este periodo se necesita mucha energía para y sintetizar materia para que se realice la ob(v)ulación.

La ob(v)ulación es un proceso anabólico por el que se sintetiza mucha materia, y por tanto necesita grandes aportes de energía que se obtiene de la glucosa de los alimentos o nutrientes dulces”.

Cuando se solicita hacer un mapa conceptual que exprese lo que se sabe sobre la estructura y el funcionamiento celular (8-1-97), lo que nos entrega este estudiante es un tanto paradójico; su mapa responde a una selección arbitraria de conceptos -¡muchos metabólicos y muy pocos estructurales!- que están unidos por nexos muy simples lo que como resultado da un conjunto de proposiciones que, efectivamente, muestran muy poco significado biológico, lo que se entiende como una consecuencia de su forma de

pensar en la célula, del significado que él les atribuye, y esto se corrobora con una ausencia total de jerarquización; sin embargo, cuando lo explica, vemos un discurso relativamente coherente y autónomo, lo que se corresponde con su forma de manifestarse en este terreno y de comunicar su conocimiento en registros anteriores.



La explicación de célula que encontramos en el examen de Lípidos (26-2-97) es la siguiente:

“La célula es una estructura ordenada compuesta por moléculas orgánicas, capaz de sobrevivir por sí sola, formando un organismo unicelular o agruparse con otras para formar tejidos y estructuras más complejas.

En las células se diferencian varias partes:

- *Una membrana plasmática (externa) que la aísla del medio exterior, y que, gracias a la presencia de lípidos en su estructura, tiene una permeabilidad selectiva, siendo permeable a determinadas sustancias.*
- *El citoplasma, delimitado con el medio exterior por la membrana plasmática, contiene los orgánulos necesarios para que la célula realice sus funciones vitales.*
- *El núcleo, situado en el centro de la célula, está separado del citoplasma por la membrana nuclear. Es el encargado de controlar los procesos que se desarrollan en la célula y además contiene el material genético hereditario o ADN”.*

Si bien es cierto que hace referencias muy generales al papel biológico de cada una de las tres partes básicas de una célula eucariota, hemos de aceptar que, como en ocasiones anteriores, sus discurso muestra las mismas características; parece, pues, que en esta ocasión Esteban ha ejecutado un modelo de célula en su mente que lo ha dotado de una mayor capacidad explicativa con respecto a la entidad –célula- que representa, un modelo un tanto más global pero que no termina de ser causal, dinámico, plenamente integrado, un modelo que echa mano de muchos elementos organulares esta vez, pero que, por lo que se ve, interaccionan poco llevando a cabo pocos y pobres procesos celulares que definan su funcionamiento. Su capacidad predictiva, sus posibilidades de razonar válidamente en términos biológicos también se han ampliado, como evidencia lo siguiente:

- En cosmética se han puesto de moda las cremas que tienen “liposomas”. Es de suponer, a juzgar por la raíz de esta palabra, que en su composición hay lípidos. Otras cremas anunciadas muy recientemente comentan en su publicidad que rejuvenecen gracias a que tienen ceramidas.
 - ¿Pueden las propiedades de los lípidos justificar su uso en estos productos ?. Formula una hipótesis que dé una respuesta razonable a este hecho.
 - Propón al menos dos actividades que permitan comprobar tu hipótesis.

“Sí. La piel puede absorber los lípidos contenidos en las cremas que se incorporan a las células de la misma, y pasan a formar parte de su estructura (función estructural) evitando, o mejor dicho, retrasando las arrugas y el envejecimiento de la piel.

Podríamos aplicar una crema de este tipo en una parte de la cara de una persona de edad poco avanzada, en la que se comienza a notar los síntomas de envejecimiento, y tras varias semanas de prueba la reacción de la piel a (la) crema se podría observar comparando la zona tratada y la zona donde no se aplica la crema.

Otra experiencia se podría realizar en el laboratorio, donde a un organismo pequeño no se le aporten lípidos que tengan en él función estructural, y anotar los cambios en el mismo; después se podría volver a la normalidad de presencia de esos lípidos y comprobar si el organismo vuelve a su forma y apariencia habitual”.

En el examen de Proteínas (14-3-97) volvemos a encontrarnos con repetición machacona y mecánica de una información que no da indicios de que se haya procesado adecuadamente y se haya integrado en un modelo más explicativo y, aun así, aunque muy tímidamente, vemos que Esteban sigue, como en el ejercicio anterior, pensando al mismo tiempo en una célula-estructura y en una célula-funcionamiento. Su respuesta ante la demanda del papel ejercido por los enzimas en la estructura y en el funcionamiento celular es la siguiente.

“ Si no existieran los enzimas, la célula no podría realizar el metabolismo celular y por tanto no realizaría las funciones y perdería su estructura, se degradaría automáticamente, puesto que no es capaz de obtener energía ni de procesar su propia materia”.

Y su célula-funcionamiento la razona en los siguientes términos ante la pregunta.

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 ° ; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
 - ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
 - Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
 - Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.

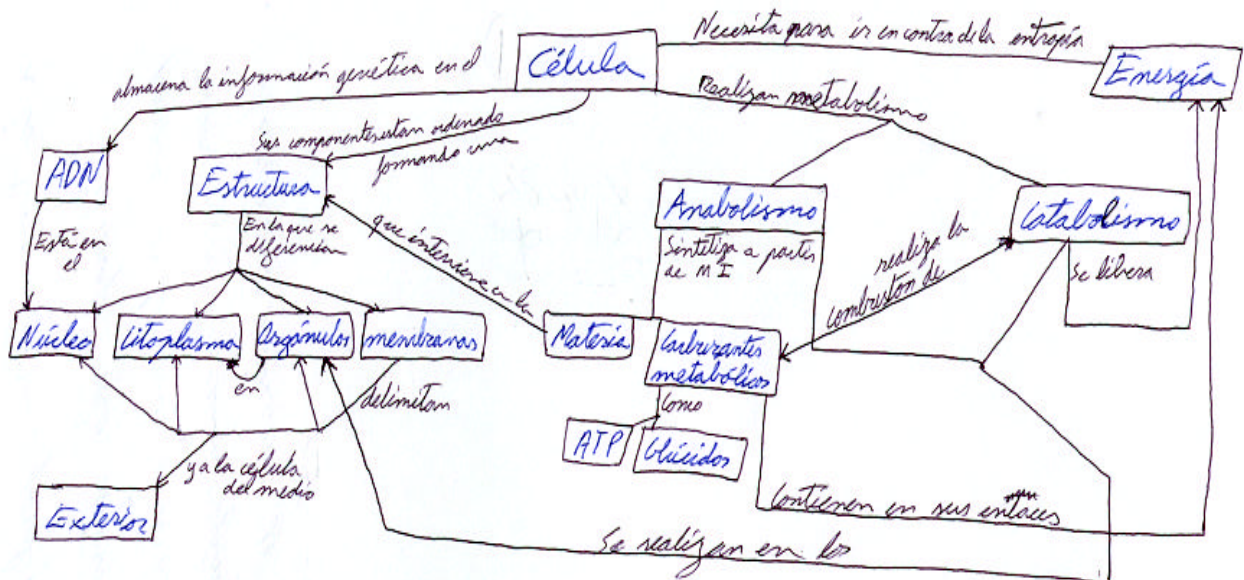
“El método que usan las células para resolver este problema es bajar la energía de activación mediante la acción de los enzimas en estas reacciones. Es decir: la energía de activación es la energía necesaria que hay que aplicar (generalmente en forma de calor), a las moléculas (en este caso la glucosa), para que sus enlaces se debiliten, y que puedan romperse para que se formen otros diferentes, que darán lugar a otras sustancias o productos diferentes de los iniciales o reactivos. El punto en el que los enlaces de la

molécula están debilitados y pueden romperse fácilmente se denomina complejo activado; pues bien, la intervención de los enzimas hace que disminuya la energía de activación, con lo que será más fácil llegar al complejo activado y que se produzca la combustión de la glucosa a menor temperatura.

La célula es capaz de bajar la energía de activación de la combustión de la glucosa mediante la acción específica de enzimas, que permiten que dicha combustión se realice a 36°C en vez de a 200°C como sucedería sin su intervención.

Una experiencia que podríamos realizar para demostrar que se puede acelerar la combustión de un carburante, es decir, que hay que aplicar menos energía para llegar al complejo activado, es comparar la combustión de la gasolina en un motor normal, y en otro dispuesto con catalizador. En el primero la reacción de combustión de la gasolina sería más lento(a) que en el segundo, ya que el catalizador realiza la función de acelerar dicha combustión”.

Veamos su segundo mapa conceptual (2-4-97); recuérdese que la demanda es la misma que en el mapa anterior pero limitando el número de conceptos a quince. Y otra vez se observan las mismas características que en aquella ocasión, con la salvedad de que ahora los nexos han resultado más explicativos. Llama la atención un detalle curioso: su mapa es muy pobre y flojo, lo que muestra los problemas y limitaciones del modelo mental que ejecuta para hacerlo, un modelo que, por lo que se ve, es poco explicativo, pero esto contrasta con la exposición que nos hace para comunicar su idea, el proceso que le permitió hacerlo, que es algo más coherente y autónoma y que, de hecho, corrobora una reflexión ya expresada sobre el discurso en el que Esteban se encuentra más cómodo, ¿será sólo repetición mecánica de información? ¡porque del mapa no se deriva que se haya desarrollado esa comprensión!



“La célula es una estructura ordenada cuyos caracteres hereditarios se encuentran almacenados en el ADN que está en el núcleo. En dicha estructura se diferencia el núcleo, el citoplasma, donde se encuentran los orgánulos, y diferentes membranas, como la nuclear, celular (delimita a la célula con el medio exterior) y las que poseen la mayoría de los orgánulos.

La célula necesita energía para mantener su estructura ordenada y evitar la degradación a la que lleva la entropía. Para esto realiza las reacciones metabólicas que se producen en los orgánulos y que constan de dos fases: anabolismo y catabolismo.

En el anabolismo, la célula sintetiza su propia materia, que formará parte de su estructura, y carburantes metabólicos, como ATP, glucidos, lípidos, proteínas, que contienen gran cantidad de energía en los enlaces, (energía química potencial). Dicha energía es liberada en las reacciones del catabolismo, que se encargan de romper los enlaces entre los átomos de dichas moléculas o carburantes metabólicos mediante su

combustión, en la que intervienen enzimas específicos para acelerar la reacción, haciendo posible su combustión.

En el mapa sólo interviene la célula eucariota vegetal porque es la que más hemos estudiado (anabolismo: fotosíntesis, etc, membranas, orgánulos) y porque si no sobrepasaría el número máximo de conceptos”.

El siguiente registro que se obtiene de este alumno es el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97); su discurso en el mismo sigue manteniendo las mismas características. Veamos el papel que le asigna a los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento celular:

“Los ácidos nucleicos contienen toda la información genética de la célula, es decir, toda la información de su estructura y funcionamiento. Los ácidos nucleicos son como un patrón sin el cual la célula no podría mantener su estructura ni funcionar debidamente, desaparecería por tanto, ya que no sería capaz de sintetizar proteínas, ni reproducirse, etc”.

Nuevamente hay una brevísima y tímida integración de aspectos estructurales y funcionales, pero su modelo es insuficientemente explicativo y predictivo en la medida en que su incorporación conceptual es muy pobre, lo que limita, consecuentemente, su comprensión, la construcción de un modelo causal que le haga ver, de hecho, una célula en acción, una limitación conceptual, una pobreza que en la interpretación que hace de una serie de dibujos para ver en qué medida reflejan la estructura y el funcionamiento celular (12-5-97) llega a su máxima expresión. ¿Qué célula construyó Esteban en su mente para hacer una interpretación tan conceptualmente limitada? ¿Cuáles son los elementos –“tokens”- tiene su modelo mental? ¿pensó en una célula-funcionamiento o en un simple “huevo frito”? Algún dinamismo le imprime a su célula y para ello recurre a analogías, sugeridas pero analogías al fin y al cabo que, como se recordará, al suponer formas de actuar, requieren un cierto modelo comportamental; pero, como se verá, son muy pocas y muy pobres, no atendiendo a la complejidad de la entidad celular que representa el modelo que usa para responder del modo siguiente.

“Este dibujo podría servir para comparar y comprob(ar) la similitud entre la estructura y el funcionamiento de la célula con algo más conocido y sobre lo que podemos realizar relaciones entre las diferentes estructuras internas.

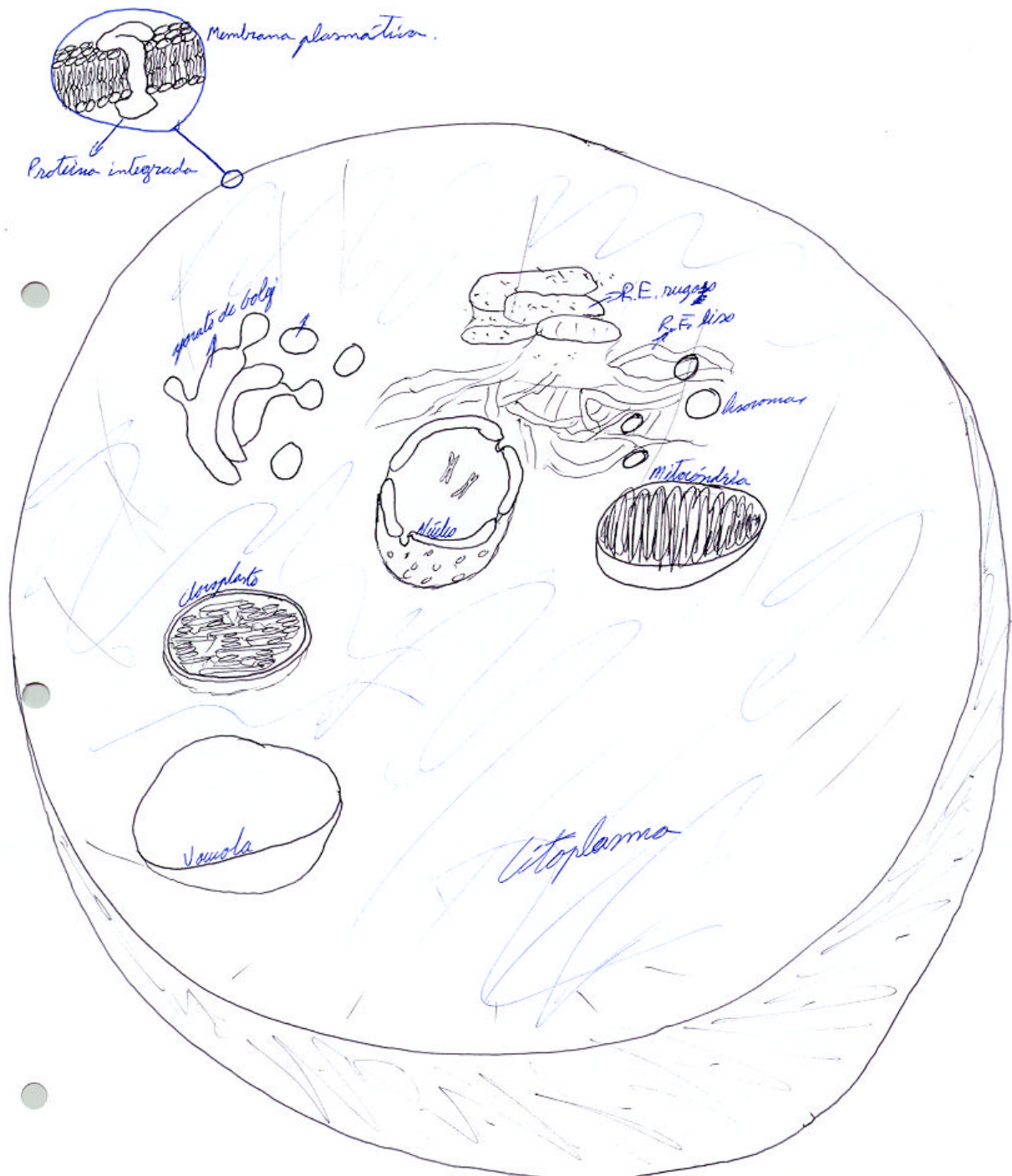
El núcleo puede bien estar representado por un ordenador, o base de datos, donde se encuentra toda la información almacenada sobre la estructura y funcionamiento celular y de donde se dan las órdenes al resto de las estructuras celulares para que hagan su trabajo.

La membrana externa representada por el muro con una portada deja claro su semipermeabilidad con el guardián dibujado, que dejaría entrar sólo lo que interesa.

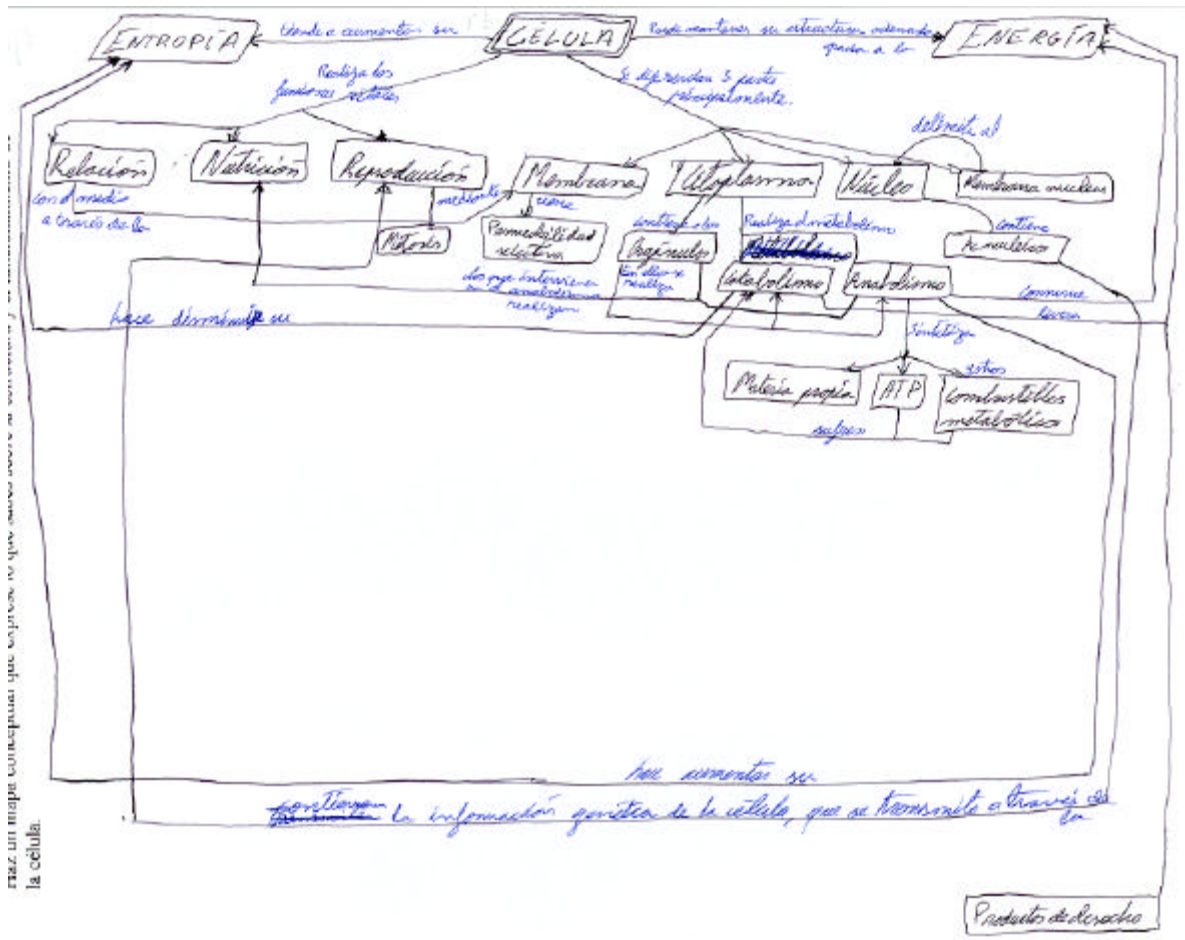
En general estoy de acuerdo con todo, ex(c)epto con la vacuola de almacenamiento, representada con un camión, que por lo tanto podría salir a través de la membrana, y en realidad, en la célula no ocurre eso”.

El dibujo que hace para dar cuenta de la estructura y el comportamiento celular (16-5-97) viene a ser un producto del mismo y pobre modelo mental que ejecutara ante el requerimiento anterior, casi es el mismo “huevo frito” con algún que otro elemento estructural más. Utiliza nuevamente conceptos estructurales, siendo ésta una de las ocasiones en las que más los externaliza en todo el curso, pero no hace uso de ningún otro concepto ni metabólico, ni funcional de otra naturaleza y ni tan siquiera recurre a algún concepto general. Sí que resulta curioso, sin embargo, que hace una ampliación de la membrana plasmática, es decir, su mente está actuando como si de un zoom se

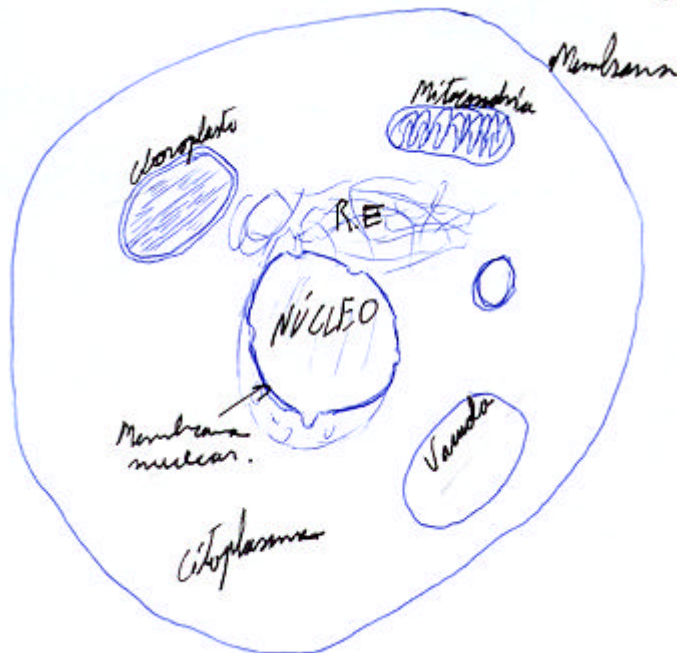
tratará, manejando dos imágenes diferentes y diferenciadas, una para la estructura celular y otra para la membrana, especificando gráficamente su estructura.



Una simple vista de pájaro del último mapa conceptual solicitado (19-5-97) nos vuelve a mostrar la evidencia de que Esteban pensó por separado en una célula-estructura (eje central) y en una célula-funcionamiento (niveles inferiores) observándose, además, que establece pocas relaciones cruzadas, pocas interacciones entre partes y procesos. Pero lo más llamativo, con todo, no es lo comentado sino nuevamente la extrema limitación en lo que a conceptos incorporados se refiere, limitación que como consecuencia lo conduce a construir un modelo insuficientemente explicativo porque le faltan los elementos necesarios para ello. El mapa que nos entrega Esteban es el siguiente:



En el cuestionario final (28-5-97) ante la misma pregunta de representar una célula y de hacer un dibujo de la misma en la que en octubre este estudiante nos explicaba lo que haría, ahora no justifica, no explica nada y hace lo siguiente:



Una célula-estructura, ejecutó sólo su parte estructural y sin grandes detalles ni muchos elementos. Ante la misma demanda de las frases, vemos lo siguiente:

- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?

- *“Es una estructura ordenada y compleja capaz de transformar la energía y la materia.*
- *Son organismos que pueden vivir aislados o en colonias y que también se pueden agrupar formando tejidos de organismos más complejos.*
- *La célula es la estructura mínima capaz de realizar las funciones vitales de nutrición, relación y reproducción”.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- *“Obtiene la energía y materia suficiente con el metabolismo celular, transformando lo que es utilizable en su entorno.*
- *Realiza los procesos, tanto de anabolismo como de catabolismo, que le permiten aprovechar al máximo los recursos externos.*
- *Son capaces de transmitir la información genética a sus células hijas y así mantener invariables las características de la especie”.*

¿Hay diferencias? No parece que haya muchas, si bien ha de admitirse que conceptualmente ha habido algunas incorporaciones y que se observa una cierta forma de razonar un tanto más biológica y una conceptualización de célula y de ser vivo significativamente diferente. ¿Y qué pasa cuando se le pide que dibuje ese funcionamiento? ¡nada!, que Esteban no hace nada, no ejecuta modelo alguno; ¿significa eso que no tiene construido nada con respecto a ese comportamiento? Aun manifestando algún error, algo al respecto sí que ha generado, un intermediario insuficientemente explicativo y predictivo, pero una célula-funcionamiento al fin y al cabo o, al menos, eso es lo que se deduce de su forma de responder a cómo cree que es ese funcionamiento.

“La célula obtiene energía y materia del medio, y la transforma para regenerar su estructura, ampliarla, y seguir manteniéndose con vida.

La materia que recoge la célula es transformada utilizando energía, bien solar (eucariotas), o mediante el catabolismo de otras moléculas orgánicas energéticamente potenciales. En eso consiste el anabolismo, en sintetizar moléculas potencialmente energéticas y materia propia a partir de materia exterior, ya sea materia orgánica o materia inorgánica, y para ello necesita energía, que proviene del catabolismo.

En eso consiste el metabolismo, un ciclo en el que el anabolismo depende del catabolismo y viceversa”.

Veamos qué datos nos aporta la entrevista que se le hace a Esteban una vez que acaba el curso (19-6-97). “Su” célula parece volver a ser muy parecida al “huevo frito” que ya nos enseñó o al menos eso se desprende de su descripción, una célula quieta, ¿viva?

ML: ¡ya! ¿Cuando oyes "célula" qué imagen representas?

Esteban: ..., ... ¡célula! una cosita redonda ¡jaja!

ML: una cosita redonda. A ver, sigue, sigue.

Esteban: ¡eeehhh! ...,

ML: una cosita redonda. ..., ...

Esteban: ¡eeehhh!

ML: ¿cómo es? descríbemela.

Esteban: ..., te describo uuuna célula.

ML: describes lo que estás viendo en tu mente.

Esteban: pueees ... una esfera con partes diferenciadas eeen la que se ven ... las, en el citoplasma se ven los orgánulos y todo eso, la membrana nuclear y dentro ... pueees ¡eh! los cromosomas; cuando yo veo una célula no miro siiii, lo que está saliendo sino siempre te imaginas como más fácil de, que esté bien como lo de ... como lo de ácidos nucleicos, me imagino cromosomas, también; siempre, yo qué sé, de cuando era chico que veías los dibujos y eso, ¿no?

ML: ¡ah! entonces.

Esteban: *cuanto más tarde ¡! Fue, fue lo primero que me viene a la cabeza.*

ML: entonces, la imagen ésa que tienes de célula ¿es una imagen como si fuera una foto?

Esteban: *sí.*

ML: ¿o como si fuera una película?

Esteban: *¡eeehhh! no; como una foto.*

ML: como una foto, es fija, una imagen fija.

Esteban: *sí en la que yo puedooo ... también marcar recorridos yyy.*

ML: pero los marcas tú.

Esteban: *sí; no es que yo veaaa movimiento o algo así.*

ML: ¡ah! tú no ves movimiento; bien, bien. ¡Ah! y me decías pues, como chicos, la célula, los, como los cromosomas que vemos; ¿a qué te refieres? A que la i, la imagen tuya, de tu mente, ¿es la que has visto en algún libro?

Esteban: *... en laaas, en lo de Érase una vez la vida y todo eso; cuando era chico lo veía yyy, se veían los cromosomas que luego seee, las, las hebras éstas deee, ... es que no me acuerdo muy bien; yo sé que [...]*

Su modelo de célula es más simple, es más gráfico, una representación en la que no cuesta diferenciar los orgánulos.

ML: cuando sales a la calle todos los días[...] A ver, hablábamos de imágenes ¿verdad, Esteban? ¿Esto es un aimagen?

Esteban: *sí.*

ML: ¿de qué?

Esteban: *¡eeehhh! de una célula.*

ML: de una célula.

Esteban: *esto sería el núcleo.*

ML: ¡para, para! Esto es una imagen de una célula. ... ¿Es análogo esto estructuralmente a una célula?

Esteban: *..., ¡análogo!*

ML: análogo es semejante.

Esteban: *sí.*

ML: sí. ¿Es una célula lo que yo te estoy enseñando? ... ¿Qué es?

Esteban: *una representación.*

ML: una representación; ¿podríamos decir que es un modelo?

Esteban: *eso.*

ML: esto es una imagen o modelo de una célula que anag, estructuralmente es análoga a una célula. ¡Aaahhh! ¿se parece a tu modelo de célula, a tu imagen de célula?

Esteban: *¡eeehhh! no.*

ML: no. La imagen que tú me describiste antes es distinta a esto.

Esteban: *sí, es más bien como un dibujo.*

ML: ¿la tuya es como un dibujo?

Esteban: *como un dibujo, no como una fotografía.*

ML: la tuya es como un dibujo, no como una fotografía. ¿Qué más diferencias hay entre ... podríamos decir que tu imagen de la célula responde a tu modelo de célula?

Esteban: *¿mi imagen de la célula? sí.*

ML: responde a tu modelo de célula; entonces ¿qué diferencia hay entre tu modelo de célula y este modelo de célula? ¿qué diferencias hay?

Esteban: *es más complejo.*

ML: éste es más complejo; tú has simplificado tu modelo.

Esteban: *sí.*

ML: ¡ya! ¿En qué sentido es más complejo éste que te estoy enseñando?

Esteban: *¡eeehhh! ... ¡jejeje! Esto es más agrupado, yo.*

ML: a ver esa mano, a ver, está todo ¿qué?

Esteban: *¡eh! más agrupado ¿no? y queee, así que el mío es todooo ..., como si dijéramooooos dibujitos bien diferenciados en, que no te cuestaaa, que no te cuesta diferenciar un orgánulo de otro y eso.*

Para interpretar la foto de microscopía electrónica que se le ha enseñado con objeto de oírlo en su proceso de deducción, él:

Esteban: intento buscar semejanzas entre el mío y éste paraaa, para localizar laaas ... semejanza en lo que a estructura se refiere, por ejemplo, la mitocondria [...] una, una membrana interior así plegada ¡eh! transversalmente al, ... donde está ... eso, tú me entiendes ¡jejeje!

Y en la medida en que su modelo, como ya se ha comentado, es escaso y limitado en lo que a elementos se refiere, incluso en el terreno organular, Esteban tiene problemas y dificultades para interpretar esa foto porque le faltan esos elementos; y en lo que se refiere a su funcionamiento, como queda evidente en la evolución conceptual, las dificultades son aun mayores ya que no ha construido tampoco los conceptos necesarios y suficientes para ello –incluso menos que en el terreno estructural–, hasta el extremo de que no considera haber adquirido una célula-funcionamiento.

ML: sí, eso, yo te entiendo. Entonces vamos a ver, tú me estás diciendo que estás utilizando tu propio modelo para ¡ah! ¡eh! identificar cosas aquí; ... me decías que utilizas lo que tú entiendes por la estructura de cada orgánulo para aplicarlo aquí, pero que estás teniendo dificultades; me has preguntado si esto es núcleo y me has preguntado si esto es realmente el retículo. ¿Quiere eso decir que en la aplicación de tu propio modelo a una imagen como ésta hay dificultades en la transferencia? ..., ... Esta foto responde a la estructura de una célula, me decías tú, y tu modelo responde a la estructura de una célula.

Esteban: ..., ... intenta.

ML: intenta responder a la estructura de una célula; ¡aaahhh! ¿qué ocurre en esa ¡eeehhh! transferencia de tu modelo a la interpretación? ... ¿por qué estás teniendo dificultades para identificar?

Esteban: ... ¡eeehhh! porque ¡claro! aquí no se ve, no se ven las cosas tan ..., ... tan claras, nooo ¡tch! por ejemplo, en mi modelo tengo una mitocondria que se ve sola y bien diferenciada, con las partes diferenciadas y eso y aquí pues a lo mejor te aparecen poco dudosas ooo

ML: ¿eso significa que tu modelo no es real?

Esteban: ..., ... yo diría queee, que sí.

ML: que sí.

Esteban: que sí intenta ..., intentaaa ... hacer, hacer, hacerlo más fácil que

ML: ¡ah! a ver.

Esteban: más fácil de entender ¡eh! ... como queee, que se intenta aproximar más a lo que te dice la teoría que a lo que se en la realidad porque yo en una foto a lo mejor estoy viendo una mitocondria y esto a lo mejor a mi me parece más que son manchas negras que yo qué sé, una membranaaa ... plegada, entonces ... a eso es a lo que me refiero.

ML: ¡ah! entonces lo que, a ver si te he entendido; lo que tú me estás queriendo decir es que tú has construido tu modelo como modelo teórico.

Esteban: sí.

ML: para identificar estas cosas pero que es mucho más claro ... más nítido.

Esteban: sí.

ML: más nítido. Pero has.

Esteban: para mi.

ML: para ti. Pero lo has construido para poder interpretar esto.

Esteban: ... ¡eeehhh! ... para aprender más de teoría.

ML: para aprenderte la teoría, lo has construido para aprenderte la teoría, ¡ya! ¡aaahhh! Decíamos que esto atiende a la estructura y que tu modelo atiende a la estructura; ¿tienes un modelo que atienda al funcionamiento de la célula?

Esteban: ... al funcionamiento no.

ML: al funcionamiento no; no tienes un modelo que, que pueda ¡ah! ayudarte, como me acabas de decir con la estructura, no tienes un modelo que te ayude a entender el funcionamiento de la célula.

Esteban: ¡eeehhh! ... ¡ahjahj! ¿a qué te referes? aaa por ejemploo al anabolismo o.

ML: no, me decías antes que tú habías construido un modelo de célula que te ayudaba a entender la teoría de cómo es cada orgánulo, me dijiste antes; ¿tienes algún modelo que te ayude a entender cómo es el funcionamiento global de una célula? ... no. ¿Tú podrías si yo te dijera: Esteban, quiero que hagas una conferencia de una hora sobre la estructura de una

célula, podría, una hora, un rato largo, podrías estar un rato hablando de la estructura de una célula?

Esteban: ... de la estructura ... a lo mejor.

ML: a lo mejor. ¿Cómo organizarías tu conferencia?

Esteban: ¡jeeehhh! ... también basándome en el funcionamiento.

ML: ¡ah! también basándote en el funcionamiento.

Esteban: sí, primero ... cómo es que el, ¡tch! utilizaría comooo, comooo, como guía pues por ejemplo ¡jeeehhh! ¡tch! laaas, las materias, la materia, el recorrido que hace la materia cuando entra y la energía cuando entra ... y cuando sale así explicando la estructura de los orgánulos y tal, es que no sé.

Alguna idea comportamental ha desarrollado pero obedece más a ideas sueltas, a frases aisladas que otra cosa. Su modelo mental ante la entrevista, la representación de célula que ejecutó para hacerle frente a la misma y responder a lo que se le preguntaba no parece ser otra que una simple estructura celular.

Una vez revisadas todas las producciones y verbalizaciones de Esteban a lo largo del curso, una vez interpretados todos los registros que nos ha ofrecido. ¿están fundadas y justificadas las deducciones e inferencias hechas al comenzar este informe sobre la forma de pensar en la célula que ha seguido durante el mismo? ¿Es suficientemente explicativo y predictivo nuestro modelo mental sobre sus modelos mentales de célula al estudiar y analizar su forma de exteriorizarlos? Cuanto menos, hemos de admitir que ese modelo que hemos construido como investigadores nos ha dotado de comprensión al respecto, nos ha permitido entender cómo y por qué Esteban responde como lo hace, cuando se le demanda algo relativo a la célula, nos ha hecho ver que sus dificultades y problemas derivan, o quizás deriven, para ser rigurosos, del hecho de que los conjuntos de elementos (estructurales, de propiedades y características y de interacciones) son muy limitados, muy pobres, lo que le ha impedido generar explicaciones y predicciones biológicamente consistentes, le han dificultado ver una célula en acción porque para ello le faltaron piezas. ¿Por qué esas piezas, esos elementos que se trabajaron en el aula y que otros compañeros sí asimilaban, no fueron relevantes para este alumno? Quizás supusieron demasiadas indeterminaciones que resultaron ser computacionalmente intratables en su mente o quizás, también, la respuesta la tenga él mismo cuando se le pregunta su opinión sobre este contenido.

Esteban: ¡jeeehhh! impactante sí porque me gusta.

ML: te gusta.

Esteban: pero me cuesta.

ML: ¿por qué?

Esteban: y me, y me cansa.

ML: te cuesta y te cansa.

Esteban: es que yo soy raro.

ML: ¿por qué te cuesta y por qué te cansa? Tú no eres raro. A ver, ¿por qué te cuesta y por qué te cansa?

Esteban: ¡jeeehhh! ¡eh! porqueee, me cuesta porque todo lo que sea ... memorizar y así nombres de, nombres raros yyy ... y procesos así, largos y complicados como ... siempre me ha costado.

ML: siempre te ha costado. Bien.

Esteban: yyy me cansa ¡m! quizás porque ... ¡mjmmj! porque ¡eh! no es precisamente lo que ... a mi me gusta la, la Biología y me gusta saber sobreee la célula pero no meee tanto, profundizar tanto y eso no meee ... como me cuesta, no me gusta tanto.

ANEXO N° 38:

ALFONSO

NOMBRE: Alfonso

CURSO: COU B

FECHA: 28-2-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, vida, funciones vitales, energía, entropía, organismo, información genética, ADN, información, orgánulos, nutrientes, ATP, membrana citoplasmática, reacciones, citoplasma, lípidos, glúcidos, proteínas, respiración celular, ciclo de Krebs.	Seres vivos, organización, célula, vida, diferenciación celular, información, materia, entropía, energía, funciones vitales, reacciones, ácidos nucleicos, glucólisis, enzima, ATP, desechos, lisosomas, ADN, nutrición, reproducción, relación, principios inmediatos, orgánulos, membrana, proteínas, actividad metabólica.	Funciones vitales, entropía, ser vivo, reacciones, energía, células, especialización, materia, vida, metabolismo, principios inmediatos, orgánulos, información, cromosomas, eucariota, animal, membrana plasmática, núcleo, retículo endoplasmático, meiosis, membrana nuclear, cromatina, nucleolo, mitocondrias, ribosomas, proteínas, catabolismo, nutrientes, ADN, aparato de Golgi, digestión, anabolismo, nucleótidos, glúcido, organización, medio.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal (Ej: preg. 3 -frases)	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma	Organización autónoma (Ej: preg. 4 y 6)	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	Uso	Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Glúcido: cadena de C. • Proteína: enlaces, estructura química. • Lípido: grasa, masa desorganizada. • Ácido nucleico: cromosomas, estructura organizada. • Entropía: cuarto desordenado. • Célula: eucariota animal; describe imagen de libro. • Catabolismo: destrucción moléculas grandes. • Meiosis: fases. • Anabolismo: obtención moléculas complejas. • Ser vivo: yo. • Nutrición: comida. • Relación: personas hablando.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Elaboradas	Elaboradas	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	<ul style="list-style-type: none"> • funcionamiento de la célula: las macromoléculas y orgánulos ejecutan las "órdenes" que le llegan del interior -yo veo una analogía con alguna estructura de mando-. Extrabiol./autónoma. 	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> • Pág. 11 (1): modelo huevo frito cuando empezamos y ahora es más compleja. • Funcionamiento: como un camino que recorre todo. Extrabiol./autónoma

- 8 imágenes hacen referencia a una imagen o idea de célula, se apoyan o refieren a algo de célula; puede decirse que eso es así porque se tiene un modelo de estructura y funcionamiento en el que se integran esas imágenes ¡¡!! ¡yo creo eso!
- Pág. 13 A: "haciendo representaciones e imágenes en la mente" (...).
- Imagen de la foto parecida a la suya.
- Tiene modelo para funcionamiento. "Sí, sí, más o menos; sí, como unnn camino queee que recorre todo, todas las sustancias ¿no?". Mas tarde vuelve a decir: "como un camino que recorre todo". Hace referencia en sus explicaciones (pág. 9) a un modelo de funcionamiento que es gráfico y que "va encajando"; no son ideas sueltas.
- Pág. 9 A: niveles de organización pero para corresponder estructura/función.

NOMBRE: Alfonso

CURSO: COU B

FECHA: 1-3-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, funciones, principios inmediatos, procariota, eucariota, orgánulos, nutrición, relación, reproducción, inorgánicos, orgánicos, animal, vegetal, agua, sales minerales, glúcidos, ácidos nucleicos, prótidos, lípidos, cloroplasto, citosol, núcleo, mitocondria, centriolo, aparato de Golgi, propiedades específicas, funciones, monosacáridos, disacáridos, polisacáridos, regulación osmótica, pH, metabolismo, endergónicas, anabolismo, catabolismo, exergónicas, energía, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, luz solar, fotosíntesis, glucógenogénesis, neoglucogénesis, fotoquímica, biosintética, aeróbica, anaeróbica, ATP, materia orgánica, ciclo de Krebs, fermentación, cadena respiratoria, láctica, alcohólica.	Célula, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, propiedades físico-químicas, materia, energía, funciones, orgánulos, metabolismo, anabolismo, catabolismo.	Entropía, materia, energía, relación, nutrición, reproducción, r.asexual, r.sexual, mitosis, meiosis, procariota, eucariota, célula, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, ARN, ADN, proteínas, anabolismo, catabolismo, metabolismo, orgánulos, glucólisis, aeróbicas, anaeróbica, membrana, citoplasma, núcleo, interfase, división celular, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, ribosomas, síntesis proteica, fotosíntesis.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: funciones dos veces, adjetivos o muchísimos conceptos -no selección)	Arbitraria (Ej: propiedades físico-químicas, funciones)	Adecuada y consistente (excepto algún adjetivo: aeróbicas)
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples (Ej: poseen, pueden ser, para)	Explicativas	Explicativas
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas (Ej: faltan nexos)	Significativas	Significativas
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil (Ej: la explicación)	Coherente (Ej: estructura/metabolismo al mismo nivel y materia/energía por encima del resto)	Coherente
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso
			No se explica

NOMBRE: Alfonso

CURSO: COU B

FECHA: 1-3-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Membrana, célula, vacuolas, nutrientes, organismo, mitocondrias, orgánulos, combustión, energía, núcleo, información, síntesis, proteínas, lisosomas, retículo endoplasmático rugoso, RNA mensajero, retículo endoplasmático liso, transporte, desecho.	Vida, célula, seres vivos, organización, materia, complejidad, agua, funciones vitales, membrana, plasmólisis, vegetales, turgencia, sales minerales, organismo, entropía, eucariotas, procariotas.	Reacciones, seres vivos, anabolismo, catabolismo, energía, funciones biológicas, cloroplastos, tilacoide, fotosíntesis, células, vegetales, agua, respiración celular, autótrofos, heterótrofos, anaeróbica, aeróbica, pared celular, ciclo de Krebs, mitocondrias, orgánulos, membranas, proteínas, lípidos, transporte, ATP, glucólisis, enzima, cadena respiratoria, neoglucogénesis, metabolismo, nucleótidos, combustión, citosol, glúcidos, entropía, nutrientes, monosacáridos, medio, grana.	Célula, organización, materia, complejidad, entropía, funciones vitales, energía, procesos metabólicos, membrana, lípidos, glúcidos, ciclo de Krebs, orgánulos, endomembranas, retículo endoplasmático, dictiosomas, secreción, glucosidación, proteínas, transporte, exocitosis, síntesis de proteínas, permeabilidad, endocitosis, vacuolas, ribosomas, vesículas, aparato de Golgi, vida, lisosomas, mitocondrias, enzimas, medio, ácidos grasos, reserva, fluidez.	Principios inmediatos, lípidos, glúcidos, proteínas, agua, solubilidad, transporte, cadena respiratoria, matriz mitocondrial, cloroplastos, aminoácidos, especificidad, enzimas, reacciones, organismo, biocatalizadores, catálisis, holoproteínas, holoenzimas, cofactor, coenzimas, energía, vida, síntesis de proteínas, núcleo, transcripción, ADN, ARN mensajero, eucariontes, procariontes, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, citoplasma, traducción, ARN transferente, ATP, antígenos, respuesta inmune, anticuerpos, linfocitos, respuesta humoral, respuesta celular, vacunas, sueros, combustión, células.	Genotipos, genes, sobrecruzamiento, proteínas, mutaciones, cromosomas, inversión, deleción, traslocación, meiosis, cromátidas, recombinación, seres vivos, perpetuación, reproducción sexual, información, gametos, haploides, DNA, nucleótidos, nucleósido, RNA, célula, ciclo celular, mitosis, transcripción, autoduplicación, enzimas, interfase, envoltura nuclear, cromatina, nucleoplasma, nucleolo, huso mitótico, citoesqueleto, citoplasma, vida, homocigóticos, heterocigóticos, paquitenio, medio, herencia, biosíntesis proteicas, sexo.
FRASES (de libro o elaboración personal)	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal	Elaboración personal
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor)	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación	Coherente y con aplicación
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Organización autónoma (Ej: mitocondria o retículo endoplasmático rugoso)	Organización autónoma (Ej: nivel de organización)	Organización autónoma (Ej. Preg. 3)	Organización autónoma (Ej: célula)	Organización autónoma	Organización autónoma
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres (pocas deducciones del dibujo)	Elaboradas (Ej: preg. 5)	Elaboradas (Ej: preg. 7)	Elaboradas (Ej: la concisión de la preg. 4)	Elaboradas (Ej: preg. 6)	Elaboradas
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	• mitocondrias: verdaderas fábricas energéticas. Extrabiol./repetición de clase.	No se detectan	No se detectan	• El DNA es, por tanto, el organizador de toda la maquinaria de la vida, pues "ordena" la síntesisExtrabiol./autónoma.

NOMBRE: Alfonso

CURSO: COU B

FECHA: 1-3-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> No nombra nada en el 1º dibujo. Nutrientes, ATP, energía, membrana celular, membrana citoplasmática, citoplasma, ADN, reacciones, elementos, macromoléculas, orgánulos.	<ul style="list-style-type: none"> No nombra nada en el 1º dibujo. No nombra nada en el 3º dibujo. Glucolisis, proteínas, enzimas, reacción, ARN mensajero, mensaje, ácido nucleico, lisosomas, desechos, ATP.	Glucosa, C_6H_{12} , H_2O , CO_2 , O_2 , urea, aminoácidos esenciales, lípidos, glúcidos, energía, vacuola, materia orgánica, ácido pirúvico, enzimas, ADN, nucleolo, ARN mensajero, ARN transferente, bases nitrogenadas, proteínas, desechos, anticuerpos, adenina.
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro (el de funcionamiento: algo más elaborado)	Elaboración personal
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	Identificación (¡y si acaso! De hecho, el 1º dibujo no nombra e identifica nada) (muy pobres)	Identificación (¡y si acaso!; no identifica nada en los dibujos 1º y 3º, pero tienen muchos más elementos estructurales)	Identificación (¡baja!) y funciones (algunas) con palabras y notaciones no verbales (flechas)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	Simples-estáticos	Simples-estáticos (el de funcionamiento es algo más complejo-dinámico)	Complejo-dinámico

NOMBRE: Alfonso

CURSO: COU B

FECHA: 1-3-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Célula, vida, funciones vitales, energía, entropía, organismo, información genética, ADN, información, orgánulos, nutrientes, ATP, membrana citoplasmática, reacciones, citoplasma, lípidos, glúcidos, proteínas, respiración celular, ciclo de Krebs.
Origen de la vida 18/11/96	Vida, célula, seres vivos, organización, materia, complejidad, agua, funciones vitales, membrana, plasmólisis, vegetales, arrugamiento, turgencia, sales minerales, organismo, entropía, eucariotas, procariotas.
ex. GLUC. 9/12/96	Reacciones, seres vivos, anabolismo, catabolismo, energía, funciones biológicas, cloroplastos, tilacoide, fotosíntesis, células, vegetales, agua, respiración celular, autótrofos, heterótrofos, anaeróbica, aeróbica, pared celular, ciclo de Krebs, mitocondrias, orgánulos, membranas, proteínas, lípidos, transporte, ATP, glucólisis, enzima, cadena respiratoria, neoglucogénesis, metabolismo, nucleótidos, combustión, citosol, glúcidos, entropía, nutrientes, monosacáridos, medio, grana.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Célula, funciones, principios inmediatos, procariota, eucariota, orgánulos, nutrición, relación, reproducción, inorgánicos, orgánicos, animal, vegetal, agua, sales minerales, glúcidos, ácidos nucleicos, próticos, lípidos, cloroplasto, citosol, núcleo, mitocondria, centriolo, aparato de Golgi, propiedades específicas, funciones, monosacáridos, disacáridos, polisacáridos, regulación osmótica, pH, metabolismo, endergónicas, anabolismo, catabolismo, exergónicas, energía, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, luz solar, fotosíntesis, glucogénesis, neoglucogénesis, fotoquímica, biosintética, aeróbica, anaeróbica, ATP, materia orgánica, ciclo de Krebs, fermentación, cadena respiratoria, láctica, alcohólica.
ex. LÍP. 26/2/97	Célula, organización, materia, complejidad, entropía, funciones vitales, energía, procesos metabólicos, membrana, lípidos, glúcidos, ciclo de Krebs, orgánulos, endomembranas, retículo endoplasmático, dictiosomas, secreción, glucosidación, proteínas, transporte, exocitosis, síntesis de proteínas, permeabilidad, endocitosis, vacuolas, ribosomas, vesículas, aparato de Golgi, vida, lisosomas, mitocondrias, enzimas, medio, ácidos grasos, reserva, fluidez.
ex. PROT. 14/3/97	Principios inmediatos, lípidos, glúcidos, proteínas, agua, solubilidad, transporte, cadena respiratoria, matriz mitocondrial, cloroplastos, aminoácidos, especificidad, enzimas, reacciones, organismo, biocatalizadores, catálisis, holoproteínas, holoenzimas, cofactor, coenzimas, energía, vida, síntesis de proteínas, núcleo, transcripción, ADN, ARN mensajero, eucariotes, procariotes, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, citoplasma, traducción, ARN transferente, ATP, antígenos, respuesta inmune, anticuerpos, linfocitos, respuesta humoral, respuesta celular, vacunas, sueros, combustión, células.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Célula, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, propiedades físico-químicas, materia, energía, funciones, orgánulos, metabolismo, anabolismo, catabolismo.
ex. AN. 12/5/97	Genotipos, genes, sobrecruzamiento, proteínas, mutaciones, cromosomas, inversión, delección, traslocación, meiosis, cromátidas, recombinación, seres vivos, perpetuación, reproducción sexual, información, gametos, haploides, DNA, nucleótidos, nucleósido, RNA, célula, ciclo celular, mitosis, transcripción, autoduplicación, enzimas, interfase, envoltura nuclear, cromatina, nucleoplasma, nucleolo, huso mitótico, citoesqueleto, citoplasma, vida, homocigóticos, heterocigóticos, paquiteno, medio, herencia, biosíntesis proteicas, sexo.
Símil de la fábrica 12/5/97	Membrana, célula, vacuolas, nutrientes, organismo, mitocondrias, orgánulos, combustión, energía, núcleo, información, síntesis, proteínas, lisosomas, retículo endoplasmático rugoso, RNA mensajero, retículo endoplasmático liso, transporte, desecho.
Dibujo estruc/función 16/5/97	Glucosa, C ₆ H ₁₂ , H ₂ O, CO ₂ , O ₂ , urea, aminoácidos esenciales, lípidos, glúcidos, energía, vacuola, materia orgánica, ácido pirúvico, enzimas, ADN, nucleolo, ARN mensajero, ARN transferente, bases nitrogenadas, proteínas, desechos, anticuerpos, adenina.
Mapa conceptual 3 19/5/97	Entropía, materia, energía, relación, nutrición, reproducción, r. asexual, r. sexual, mitosis, meiosis, procariota, eucariota, célula, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, ARN, ADN, proteínas, anabolismo, catabolismo, metabolismo, orgánulos, glucólisis, aeróbicas, anaeróbica, membrana, citoplasma, núcleo, interfase, división celular, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, ribosomas, síntesis proteica, fotosíntesis.
Cuestionario final 28/5/97	Seres vivos, organización, célula, vida, diferenciación celular, información, materia, entropía, energía, funciones vitales, reacciones, ácidos nucleicos, glucólisis, enzima, ATP, desechos, lisosomas, ADN, nutrición, reproducción, relación, principios inmediatos, orgánulos, membrana, proteínas, actividad metabólica.
Entrevista. 13/6/97	Funciones vitales, entropía, ser vivo, reacciones, energía, células, especialización, materia, vida, metabolismo, principios inmediatos, orgánulos, información, cromosomas, eucariota, animal, membrana plasmática, núcleo, retículo endoplasmático, meiosis, membrana nuclear, cromatina, nucleolo, mitocondrias, ribosomas, proteínas, catabolismo, nutrientes, ADN, aparato de Golgi, digestión, anabolismo, nucleótidos, glúcido, organización, medio.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Orgánulos, membrana citoplasmática, citoplasma.	Membrana.	Cloroplastos, tilacoide, pared celular, mitocondrias, orgánulos, membranas, citosol, grana.	Orgánulos, cloroplasto, citosol, núcleo, mitocondria, centriolo, aparato de Golgi.	Membrana, orgánulos, endomembranas, retículo endoplasmático, dictiosomas, vacuolas, ribosomas, vesículas, aparato de Golgi, lisosomas, mitocondrias.	Matriz mitocondrial, cloroplastos, núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático rugoso, citoplasma.	Orgánulos.	Cromosomas, envoltura nuclear, nucleoplasma, nucleolo, huso mitótico, citoesqueleto, citoplasma.	Membrana, vacuolas, mitocondrias, orgánulos, núcleo, lisosomas, retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático liso.	Vacuola, nucleolo.	Orgánulos, membrana, citoplasma, núcleo, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, lisosomas, vacuolas, ribosomas.	Lisosomas, orgánulos, membrana.	Orgánulos, cromosomas, membrana plasmática, núcleo, retículo endoplasmático, membrana nuclear, nucleolo, mitocondrias, ribosomas, aparato de Golgi.	AG4,ctrl1,ctq1,ctpl4,cts12,clpt4,crma2,dictiosoma1,e nvnuc1,grana1,husomt1,lis s4,marizmit1,mmbr8,mmbr rcitpl1,mmbr nuc1,mmbrpl as1,mitc7,nú cl5,nulo3,nuc leoplasma1,o rg9,paredcel1 ,RE5,REL1, RER2,rib4,ve sc1.
Moléculas	ADN, nutrientes, ATP, lípidos, glúcidos, proteínas.	Agua, sales minerales.	Agua, proteínas, lípidos, ATP, enzima, nucleótidos, glúcidos, nutrientes, monosacáridos.	Principios inmediatos, agua, sales minerales, glúcidos, ácidos nucleicos, prótidos, lípidos, monosacáridos, ATP.	Lípidos, glúcidos, proteínas, enzimas, ácidos grasos.	Principios inmediatos, lípidos, glúcidos, proteínas, agua, aminoácidos, enzimas, biocatalizadores, holoproteínas, holoenzimas, cofactor, coenzimas, ADN, ARN mensajero, ARN transferente, ATP.	Agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos.	Genes, proteína, cromátidas, DNA, nucleótidos, nucleósido, RNA, enzimas, cromatina.	Nutrientes, proteínas, RNA mensajero.	Aminoácidos, lípidos, glúcidos, enzimas, ADN, ARN mensajero, ARN transferente, proteínas.	Agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, ARN, ADN, proteínas.	Ácidos nucleicos, enzima, ATP, ADN, principios inmediatos, proteínas.	Principios inmediatos, cromatina, proteínas, nutrientes, ADN, nucleótidos, glúcido.	Agri,AN4,A DN6,agua6,a a2,ARN5,AR Nm2,ARNt2, ATP5,coenz1 ,cofactor1,cr omát1,croma t2,enz6,gen1, glúc9,holopr ot1,líp8,mon osac2,nucleó sido1,nucleót ido3,nutrient e4,PI4,prot11 sm4.
PROCESOS Mts.	Respiración celular, ciclo de Krebs.	-	Anabolismo, catabolismo, fotosíntesis, respiración celular, autótrofos, heterótrofos, anaeróbica, aeróbica, ciclo de Krebs, glucólisis, cadena respiratoria.	Metabolismo, anabolismo, catabolismo, autótrofo, heterótrofo, glucólisis, fotosíntesis, glucógenogénesis, neoglucogénesis, aeróbica, anaeróbica, ciclo de	Procesos metabólicos, ciclo de Krebs, secreción, glucosidación, síntesis de proteínas, reserva.	Cadena respiratoria, catálisis, síntesis de proteínas, transcripción, traducción, combustión.	Metabolismo, anabolismo, catabolismo.	Transcripción, autoduplicación, biosíntesis proteicas.	Combustión, síntesis, transporte.	Desechos.	Anabolismo, catabolismo, metabolismo, glucólisis, aeróbica, anaeróbica, síntesis proteica, fotosíntesis.	Glucólisis, desechos, actividad metabólica.	Metabolismo, catabolismo, digestión, anabolismo.	Anb5,autóf2, cadresp2,cat5 ,catálisis1,cK rebs4,desech o2,digest1,du plic1,fermet1 ,fost3,glucog énesis2,guco genogen1,glu cólisis4,gluc osidación1,h eteróf2,mtb5, resp2,respcel 2,secreción1.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Símil.	Dibujo.	Mapa 3.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
			neoglucogénesis, metabolismo, combustión.	Krebs, fermentación, cadena, respiratoria.										síntesis7,proteína4,traducción1,transcripción2,transporte1..
Otros	Funciones vitales.	Funciones vitales, plasmólisis, arrugamiento, turgencia.	Funciones biológicas, transporte.	Nutrición, relación, reproducción.	Funciones vitales, transporte, exocitosis, endocitosis.	Transporte.	-	Sobrecruzamiento, mutaciones, inversión, delección, traslocación, meiosis, recombinación, reproducción sexual, haploides, ciclo celular, mitosis, paquiteno.	Transporte.	-	Relación, nutrición, reproducción, reproducción asexual, reproducción sexual, mitosis, meiosis.	Diferenciación celular, funciones vitales, nutrición, reproducción, relación.	Funciones vitales, meiosis.	Delección1, endocitosis1, exocitosis1, FV5, haploides1, inversión1, meiosis3, mitosis2, mutaciones1, nutrición3, plasmólisis1, re13, rep4, rax1, rsex2, sobrecruz1, transporte4, turgencia1.
CONCEPTOS GRALES:	Célula, vida, energía, entropía, organismo, información genética, información, reacciones.	Vida, célula, seres vivos, organización, materia, complejidad, vegetales, organismo, entropía, eucariotas, procariotas.	Reacciones, seres vivos, energía, células, vegetales, entropía, medio.	Célula, procariota, eucariota, animal, vegetal, energía, materia.	Célula, organización, materia, complejidad, entropía, energía, vida, medio.	Reacciones, organismo, energía, vida, eucariotas, procariotas, células.	Célula, materia, energía.	Seres vivos, perpetuación, información, célula, vida, medio, herencia.	Célula, organismo, energía, información.	Energía, materia.	Entropía, materia, energía, procariota, eucariota, célula.	Seres vivos, organización, célula, vida, información, materia, entropía, energía, reacciones.	Entropía, ser vivo, reacciones, energía, células, especialización, materia, vida, información, eucariota, animal, organización, medio.	Ani2, célula1, energía1, entropía7, eucar5, herencia1, información5, informgen1, materia8, medio4, organización4, procariota4, reacciones5, svv5, vgt3, vida.
OTROS CONCEPTOS	-	-	-	-	Permeabilidad, fluidez.	Solubilidad, especificidad, antígeno, respuesta inmune, anticuerpos, linfocitos, respuesta humoral, respuesta celular, vacunas, sueros.	-	Genotipos, gametos, interfase, homocigóticos, heterocigóticos, sexo.	-	-	Interfase.	-	-	Anticuerpo1, antígeno1, especificidad1, fluidez1, gameto1, genotipo1, interfase2, linfocito1, permeabilidad1, respuesta1, respuesta humoral1, respuesta inmune1, sero1, suero1, vacuna1.
MODELO	C	B	C	B	C	C	C	C	B	D	C	D	D	D

Cuando empieza el curso, Alfonso tiene una idea de célula que resulta ser bastante global, un concepto de la entidad celular, un análogo estructural de la misma que atiende no sólo a cómo ésta es físicamente, sino también a algunos aspectos definitorios de cómo se comporta que es lo que, en definitiva, caracteriza a esta “cosa” que constituye la unidad de la materia viva; él entiende que:

“... debemos saber cómo funcionan éstas para saber cómo funcionamos. Debemos saber las funciones concretas que realizan las células porque nosotros realizamos nuestras funciones porque las células realizan sus funciones de una forma determinada. En definitiva (,) nuestra vida es consecuencia del funcionamiento de las células que forman nuestro cuerpo”.

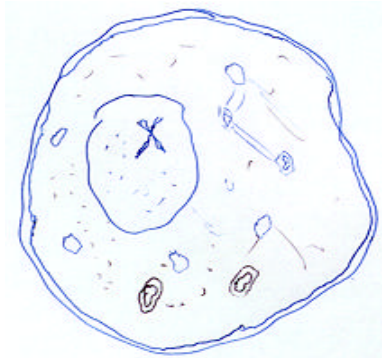
Esto es lo que responde este alumno en el cuestionario inicial (18-10-96) a la pregunta:

- ¿Qué interés tiene estudiar la célula para ti?

En este cuestionario, Alfonso nos muestra un producto en el que utiliza en sus diferentes respuestas frases que son elaboradas de manera personal y que organizando un discurso que, como acabamos de ver y se mostrará más adelante, está bien estructurado y es coherente; en el mismo, se observa un manejo muy autónomo de la información que este joven utiliza, estableciendo, también, elaboradas deducciones e inferencias. Si bien es cierto que maneja también imágenes cuando se le requieren, éstas son simples y muy pobres, son solamente diseños estructurales que poco tienen que ver con una célula en acción y que se parecen mucho a un simple “huevo frito”; el primero de los ejemplos al respecto lo tenemos en lo que hace para responder a la siguiente pregunta.

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

en la que lo único que nos encontramos es lo siguiente:



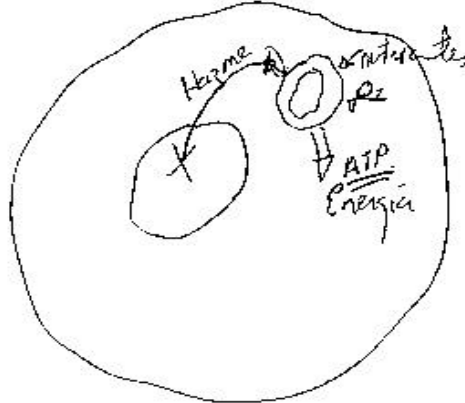
Cuando se le requiere concisión y brevedad para expresar distintos aspectos celulares, vemos que sus frases son claros ejemplos de lo ya comentado y su célula en acción no parece ser la simple representación anterior, -el pobre “huevo frito” que se acaba de mostrar.

- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
- *“Estructura mínima que suele realizar las tres funciones vitales.*
- *Mínima parte que obtiene energía desorganizando su entorno. Luego, va en contra del principio de Entropía.*
- *Organismo microscópico que puede dar lugar a otro semejante, porque puede transmitir información genética”.*
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?

- “El ADN contiene información y organiza las actividades que se realizan en el interior de la célula.
- Las macromoléculas y orgánulos ejecutan las “órdenes” que le llegan del interior.
- Cada una de las partes de la célula tiene una misión concreta que realiza a la perfección”.

Obsérvese el uso de analogías que expresa este joven en las frases anteriores.

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?



Alfonso sabe que esa célula tiene que tener una serie de componentes moleculares y orgánulos que deben llevar a cabo acciones específicas que son las que esos componentes permiten en función de sus propiedades y esos elementos, “tokens”, forman parte de su representación, a juzgar por la forma de responder a lo siguiente:

- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?
- “Tiene que estar compuesta por macromoléculas, nutrientes, orgánulos, etc, que tienen una función específica.
- Deben ser estructuras y estar organizadas para poder obtener energía y crear entropía a su entorno.
- Poder reproducirse gracias a la información genética y así perpetuar las propias células”.

¿Y cómo funciona ésa “su” célula? ¿Qué hace para mantenerse viva? Según este alumno, eso se debe a un conjunto de reacciones, o sea, interacciones y transformaciones entre moléculas que procesan la materia y la energía, si atendemos a lo que expone cuando se le demanda esto explícitamente.

“La función de la célula es obtener energía de alta calidad a través de los nutrientes (lípidos, glús(c)idos, proteínas, etc) y con la ayuda del O_2 , H_2O , etc

El proceso por el cual se obtiene energía se denomina respiración celular y en él los nutrientes sufren una serie de transformaciones para poder reaccionar con el O_2 y con moléculas compuestas por fósforo y otros elementos, en el denominado ciclo de Krep(b)s y así obtener ATP, moléculas ricas en energía. De esta serie de transformaciones se obtienen sustancias, que son excretadas y también CO_2 que son expulsado(a)s al exterior”.

Ante el examen de Origen de la Vida (18-11-96) que hace Alfonso como producto surge la perplejidad por cuanto se observa que no recurre a ningún concepto metabólico, cosa que hiciera incluso tempranamente (si comparamos con sus compañeros) en el registro anterior, recurriendo, eso sí, a conceptos comportamentales de otra naturaleza; y en el terreno estructural sólo hace uso de membrana en lo que a orgánulos se refiere y a los principios inmediatos inorgánicos como moléculas constituyentes. Está claro que con tan poco bagaje conceptual se puede explicar poco sobre la estructura y el

funcionamiento celular y más bien parece que al observar el manejo que se hace del mismo, se haya pensado, en todo caso, en un funcionamiento, o sea, en un comportamiento físico-químico para el que, como se ve, se tuvo que recurrir a otros conceptos generales sin los cuales no se hubiera podido abordar. Y, en todo caso, llama la atención la forma de manejar el discurso que sigue Alfonso, pues mantiene las mismas características ya observadas en el cuestionario inicial, o sea, frases elaboradas que articula coherentemente evidenciando un buen grado de aplicación de los conceptos utilizados, organizando esta información de manera autónoma y permitiendo con ello, además, seguir razonamientos válidos biológicamente, lo que se deduce de sus elaboradas inferencias. Veamos un ejemplo de esa forma de razonar en términos científicos.

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchan y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho ?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“Las medusas poseen una concentración salina mayor que la concentración del mar. Por ello el mar produce corrientes hacia el interior por lo que se produce(n) las turgencias. Al morir cesa la actividad biológica por lo que las sales del agua se tienen que igualar a las de la medusa que ya no posee(n) dicha activida(d). De esta manera una vez que se consigue que las concentraciones sean iguales se mantiene un equilibrio entre el agua que entra y sale, dicha igualda(d) se consigue cuando el agua sale de la medusa”.

Su célula es “la” unidad de la vida y parece haber generado ese modelo en su cabeza aunque no recurra a conceptos específicos para expresarlo, como ocurre cuando responde a la explicación que se le pide al respecto.

“Es la unidad morfológica, fisiológica, vital y genética de los seres vivos, como enuncia la teoría celular.

Unidad vital ® es el organismo más pequeño con vida propia.

Unidad morfológica ® los seres vivos están compuestos por células.

Unidad fisiológica ® posee todos los elementos necesarios para permanecer con vida propia.

Unidad genética ® toda célula procede de otra célula preexistente”.

El examen de Glúcidos (9-12-96) que hace Alfonso es otro ejemplo de su forma de expresarse, de su manera de manejarse en el terreno del discurso, pues sigue las mismas características ya comentadas. ¿Qué vemos en esta ocasión? Pues que hay un uso de los conceptos completamente diferente, observándose que echa mano de abundantes orgánulos y moléculas, recurriendo también a una gran cantidad de conceptos metabólicos que, como se recordará, se estudian en profundidad en esta unidad didáctica; pero ese uso en sí no nos dice gran cosa si no lo analizamos desde el punto de vista del significado que pueda haberle atribuido este alumno en su representación y para eso es para lo que recurrimos a su modo de trabajar ese discurso que nos presenta como producto, con objeto de que podamos inferir si efectivamente para él estos muchísimos conceptos tienen algún sentido. Combinando, pues, ambas cosas, deducimos que deben haberse incorporado significativamente en su modelo ya que los maneja como elementos, “tokens”, adecuadamente, los expresa autónomamente, los explica y hasta predice con ellos con absoluta naturalidad. Alfonso ejecutó ante este ejercicio un modelo mental de célula que es global, integrado, que atiende conjunta y equilibradamente tanto a su estructura como a su funcionamiento, recurriendo

indistintamente a conceptos de uno o de otro aspecto, conceptos que, evidentemente, construyó y encajó en dicho modelo para que le permitieran comprender la célula que estudia. Veamos cómo explica en esta ocasión.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
-
- *“No, por un lado(s) las células vegetales realizan la construcción de moléculas complejas a partir del agua, energía lumínica, CO₂, ribulosa-1,5-difosfato, clorofila, etc. En dicho proceso transforman la energía lumínica en energía química y se obtiene NADH y ATP que luego son utilizados para la reducción y síntesis de CO₂ en moléculas complejas, como por ejemplo la glucosa. Cuando se obtienen dichas moléculas éstas son degradadas y se inicia un periodo de catabolismo para poder obtener energía. Las plantas realizan la respiración celular durante todo el día pero la producción de O₂ es mayor que la de CO₂ por lo que por el día excretan O₂ .*
- *No, el catabolismo es igual en autótrofos y heterótrofos. Sólo se puede hablar de respiración anaeróbica y respiración aeróbica: la diferencia que marca esta distinción es la naturaleza del último aceptor de electrones, que en la respiración aeróbica es el O₂ y en la respiración anaeróbica son otras moléculas inorgánicas (NO₃⁻, NO₂⁻), etc.*
- *No, los glúcidos son exc(s)enciales para el funcionamiento celular porque además de funciones energéticas realizan funciones estructurales y de almacenamiento. La celulosa es el constituyente primordial de la pared celular y ésta es la que da rigidez y consistencia a la célula”.*

Su poder explicativo es evidente (aunque se detecte algún error: los aceptores de electrones en la respiración anaerobia no son moléculas inorgánicas, o haya dejado un apartado sin respuesta), un poder explicativo para el que recurre a analogías que se lo ponen más fácil, como la que usa al empezar a explicar el ciclo de Krebs.

“El ciclo de Krebs se realiza en las mitocondrias que son verdaderas fábricas energéticas en la célula. ...”.

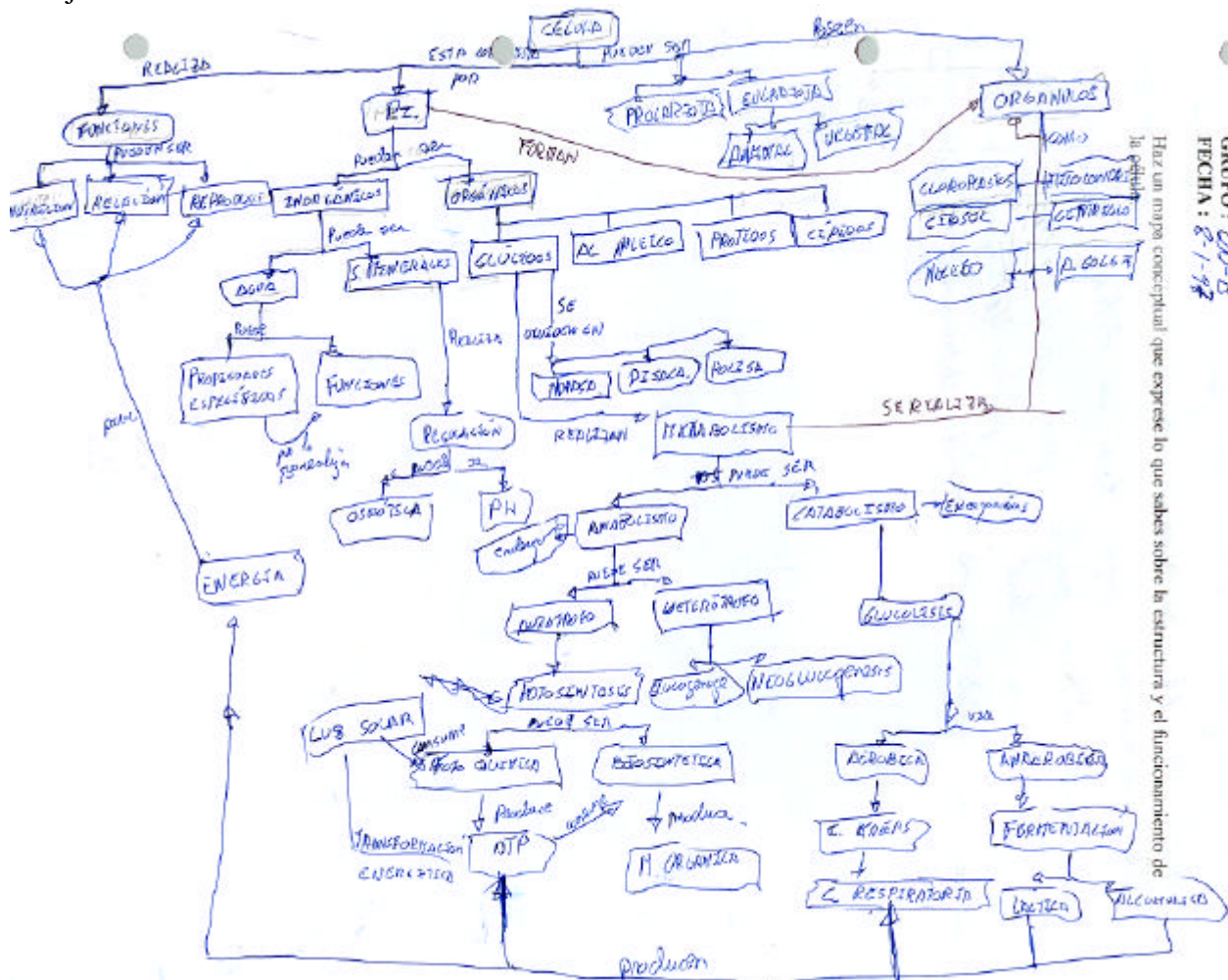
Y observemos ahora su modo de razonar en términos biológicos incluso en una pregunta tan abierta y discutible como la siguiente:

- “ En 1906, Gandhi ideó su primera campaña de resistencia no violenta, durante la cual mantuvo diferentes huelgas de hambre, consistentes en prolongados ayunos voluntarios. En España, recientemente, un grupo de personas solidarias con los habitantes del Tercer Mundo ha recurrido a este medio de protesta para solicitar un aumento del porcentaje del Producto Interior Bruto (PIB) (del 0,3% al 0,7%) que se destina a la ayuda de estas zonas desfavorecidas. La huelga de hambre no está exenta de riesgos por cuanto el organismo, aun en estado de reposo absoluto, consume una cantidad de energía ; es lo que se conoce como metabolismo basal”. (Rodríguez Álvarez y Cruz León).
 - Haz un comentario crítico aprovechando lo que comenta el texto y tus conocimientos de Biología.
 - ¿Por qué hay riesgos ? ¿cuáles son ?. Utiliza el mayor número de argumentos biológicos posible.

“Hay que tener en cuenta que lo que realizan las personas que se ponen en huelga de hambre no es más que un “juego” en comparación con las necesidades que tienen que

pasar las personas del tercer mundo puesto que al no tener una alimentación suficiente sufren continuos riesgos de muerte. Todos deberíamos cons(c)ienciarnos y aportar un poquito para que ellos puedan pasar la vida de mejor forma. Hay riesgos porque al no consumir glúcidos el organismo activa un mecanismo de autoconstrucción de la glucosa (,) neoglucogénesis (,) (por el) que a partir de otras moléculas más simples se produce glucosa por un conjunto de reacciones que necesitan energía. Además si no hay glucosa las neuronas no funcionan con normalidad y también, por otra parte, a veces es utilizado los lípidos e incluso prótidos para la obtención de la energía con lo que nuestra estructura se degenera y así vamos a favor de la entropía y no en contra como, por otro lado es necesario”.

El primer mapa conceptual que hace Alfonso para expresar lo que sabe sobre la estructura y el funcionamiento de la célula (8-1-97) muestra una organización que sigue o delimita dos partes claramente diferenciadas: una primera que incorpora conceptos generales, moléculas y orgánulos y otra segunda centrada en el metabolismo; podría decirse que este joven ha pensado por una parte en la estructura celular y por otra en su comportamiento, estableciendo, de hecho, pocas conexiones entre ambos aspectos. Si atendemos a los criterios que nos permiten analizar los mapas conceptuales como instrumentos de recogida de información, vemos que se lleva a cabo una selección arbitraria de conceptos que se unen muy simplemente, dando como resultado proposiciones de escaso significado biológico y observándose también una débil jerarquización de los mismos, lo que nos lleva a la misma conclusión: Alfonso ha ejecutado un modelo dual de la célula cuando se ha enfrentado a la tarea de hacerlo.



Haz un mapa conceptual que exprese lo que sabes sobre la estructura y el funcionamiento de la célula.
 FECHA: 8-1-97

En este mapa conceptual observamos también un detalle curioso que ya mostrara Alfonso con anterioridad; si bien es cierto que “propiedades específicas” y “funciones”

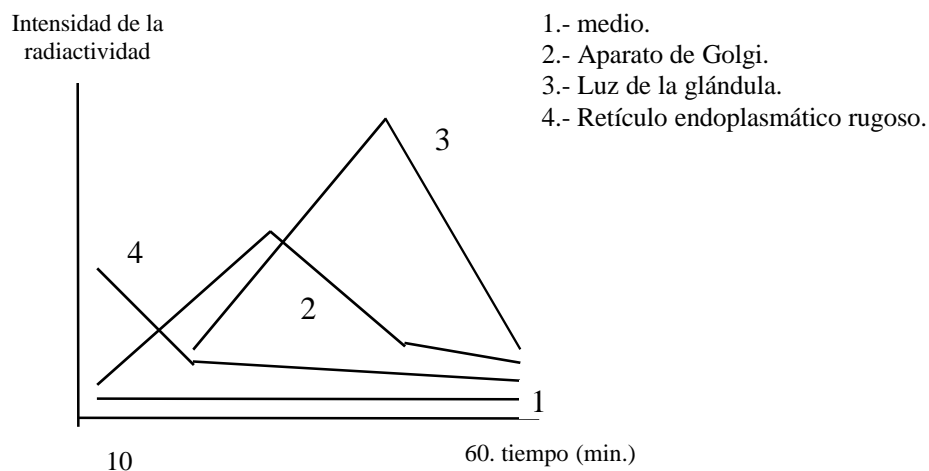
no son conceptos-clave, la idea de fondo viene a reflejar que, efectivamente, este alumno piensa en una serie de elementos que tienen unas propiedades características que condicionan sus funciones biológicas. Podría decirse que la mente de Alfonso está trabajando con tres conjuntos distintos y eso, como hemos visto, ha resultado ser relevante. ¿Y qué podemos destacar del examen de Lípidos (26-2-97) que hace este estudiante? ¿Qué modelo de célula generó ante el mismo para hacerle frente? Parece volver a integrar en una explicación única, en una representación global, tanto su estructura como su funcionamiento, usando indistinta y equilibradamente conceptos de ambos aspectos y haciéndolo significativamente, es decir, atribuyendo sentidos biológicos correctos y aceptados con fluidez y naturalidad, lo que se entiende como una muestra de que en dicha representación también Alfonso los ha dotado de significado científico. Su discurso mantiene las mismas características que los registros escritos anteriores, evidenciando con el mismo haber desarrollado capacidad explicativa y predictiva. ¿Cómo expresa él lo que entiende por célula en esta ocasión?

“Para explicar la célula vamos a partir de teoría sobre la organización de la materia. En el eslabón inerte se sitúa el nivel atómico, molecular, macromolecular y a partir de ahí vendría el nivel celular. Por lo tanto, cuando la materia adquiere un nivel de complejidad y organización determinado, tal que es capaz de ir en contra del principio de “entropía” y, por tanto, aumenta la del medio. Además una célula es una estructura capaz (de) subsistir de forma autónoma, por tanto, realiza o puede realizar las funciones vitales. Para realizar las funciones necesita energía que obtiene mediante procesos metabólicos. Es una estructura delimitada por una membrana que la “aisla” del medio externo”.

Su modelo global, causal, lo dota de comprensión permitiéndole, además, entender procesos que son complejos y explicar esos mismos procesos con extrema concisión, como muestra su respuesta a la siguiente pregunta:

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo.

Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

“Las proteínas son sintetizadas en los ribosomas que están adheridos al retículo endoplasmático rugoso. Por lo tanto las moléculas proteicas radiactivas son sintetizadas

cuando la estructura es puesta en un medio radioactivo. En los primeros minutos las proteínas acumuladas en el retículo endoplasmático pasan al complejo de Golgi, a través de las vesículas transmisoras. Una vez en el aparato de Golgi donde se produce su empaquetamiento son secretadas y cuando ha transcurrido una hora aún no han salido al medio”.

El examen de Proteínas (14-3-97) de Alfonso es otro ejemplo de lo anterior; el papel de los enzimas en la estructura y en el comportamiento celular lo explica como sigue:

“Las enzimas son compuestos muy importante(s) para la vida en sí, puesto que sin ellas no sería posible ésta tal como la conocemos hoy. Las enzimas catalis(z)an las reacciones a temperatura ambiente esto es un hecho muy importante ya que si no estuvieran para realizarse la misma reacción tendría que haber temperaturas superiores a 100°C o 200°C con lo que el agua estaría en estado de vapor (el H₂O constituye el 75% del organismo). Además es necesario que las reacciones se realicen a gran velocidad (las enzimas aumenta(n) dicha velocidad en un billón o trillón de veces). Éstas son unas de las consecuencias que podría sufrir el organismo en sí y por tanto, las células mismas”.

Ante una pregunta de razonamiento, catalogada como propia de procedimientos (como categoría de contenidos), este joven no advierte la esencia del dato que se le aporta, pero aun así es capaz de deducir con cierta lógica y de hacerlo mostrando su capacidad explicativa y aplicando en ella algunos conceptos específicos con corrección. Veamos su respuesta.

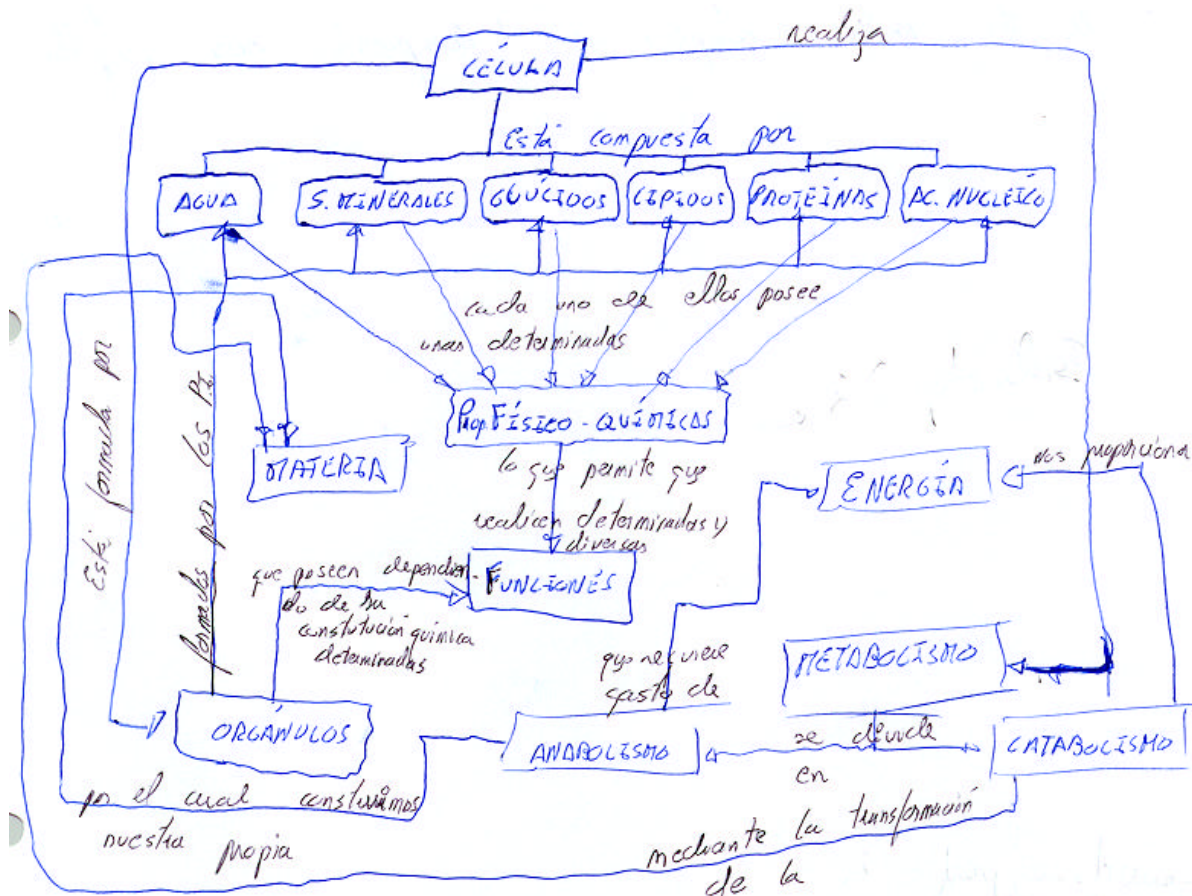
- El Roundup es un inhibidor de un enzima que participa en la síntesis de aminoácidos aromáticos, sobre todo fenilalanina y triptófano, que las plantas producen y los animales deben incorporar en la dieta. Esta sustancia es un herbicida de uso frecuente contra las malas hierbas que invaden los cultivos. Las plantas que absorben el herbicida mueren debido a que no pueden sintetizar las proteínas que incorporen estos aminoácidos. Está claro que con el uso del Roundup eliminamos las malas hierbas ; ¿ pero qué pasará con las plantas que constituyen las plantaciones de cultivo ?
- ¿Cómo responderías a la pregunta que plantea el texto ?. Emite una hipótesis y plantea alguna forma de comprobarla.

“Pienso que cabe(n) varias posibilidades, teniendo en cuenta que las proteínas poseen gran especificidad podría ser que en los cultivos estos aminoácidos, que en las malas hierbas realizan una función indispensable, no sean tan indispensables y que dicha función pudiera ser realizada por otro tipo de aminoácido. Podría ser que el triptófano realiza una función estructural que puede realizar otro aminoácido. La especificidad de las proteínas radica en que hay una parte de la cadena peptídica invariable (si estos dos aminoácidos pertenecen a esta parte) los cultivos mueren y hay otra parte de la cadena que puede ser variable sin que se modifique la función de la proteína (si los aminoácidos pertenecen a esta parte de la cadena los cultivos seguirán vivos. Por lo que hay un tipo de herbicida(d) para cada cultivo.

Para un cultivo de roz(s)as se emplea(n) un herbicida diferente que para un cultivo de papas o de zanahorias”.

El segundo mapa conceptual que hace Alfonso (82-4-97) muestra otra vez una selección arbitraria de conceptos en la medida en que vuelve a incorporar “propiedades físico-químicas” y “funciones”, pero ya vimos que esto tiene su relevancia y en este mapa de nuevo se manifiesta, ya que para este alumno esa relación es importante y puede significar su forma de operar mentalmente con elementos, sus propiedades y sus funciones, dando la explicación que hace de su producto indicios de lo mismo. Hay, además, algunas diferencias con respecto al anterior pues en esta ocasión esos conceptos se unen con nexos explicativos que dan como resultado proposiciones mucho más significativas desde el punto de vista biológico, siguiendo, además, esos conceptos una jerarquización coherente que tampoco es la habitual en los libros de texto de uso

corriente, situando estructura y metabolismo al mismo nivel y materia/energía por encima del resto. Se presentan tanto el mapa conceptual como su explicación como datos.



“La célula está compuesta por los principios inmediatos orgánicos y los principios inmediatos inorgánicos. Éstos poseen unas determinadas propiedades físico-químicas que le(s) permiten tener diferentes funciones en la célula como por ejemplo: energética, estructural, contráctil, enzimática, defensiva, etc.

En otro nivel superior de organización los principios inmediatos se asocian formando orgánulos que a su vez realizan funciones determinadas.

La célula también realiza procesos metabólicos, unos anabólicos que construyen materia propia y requieren energía y otros catabólicos que nos proporcionan energía mediante la transformación de la materia compleja en compuestos más simples”.

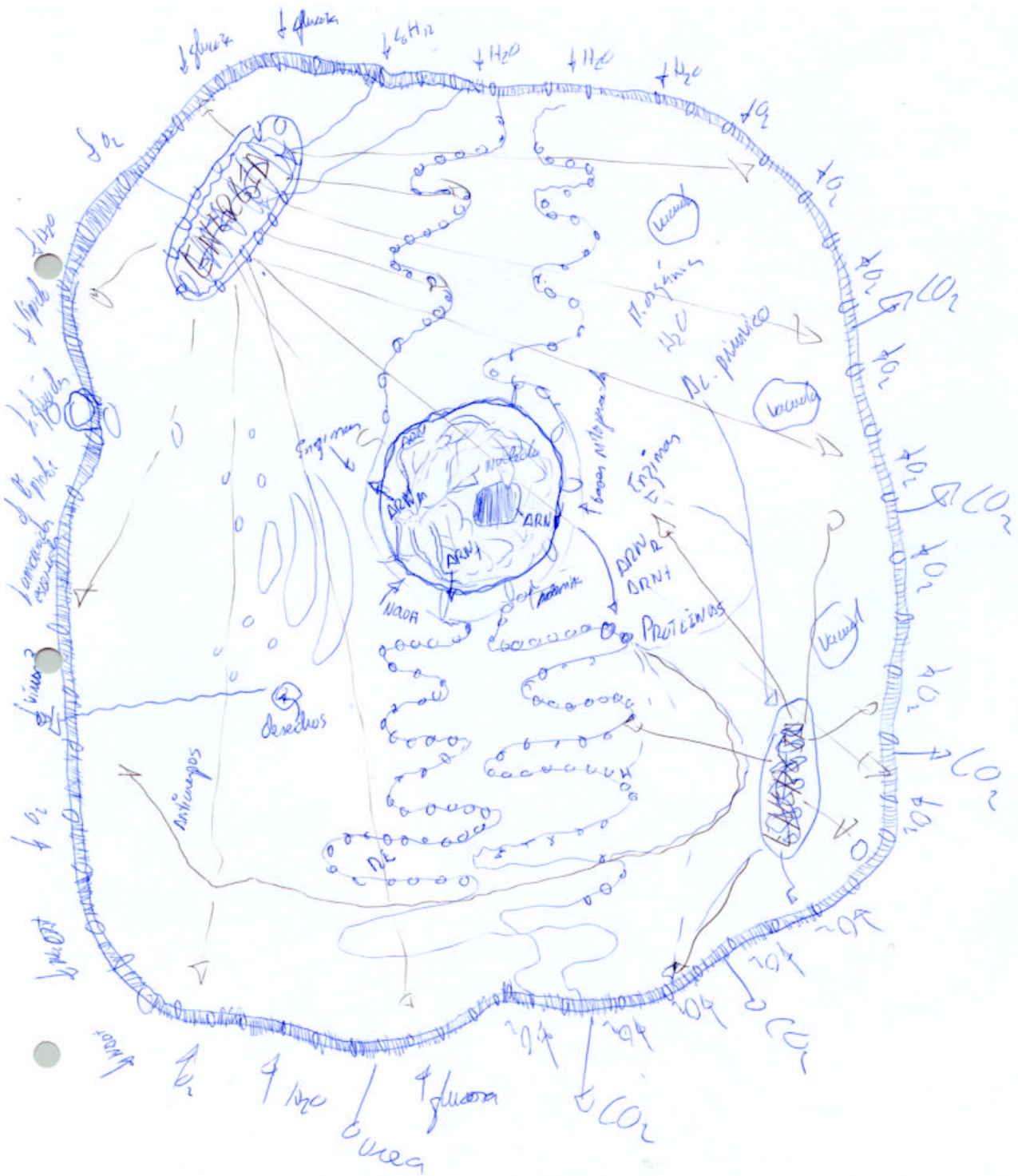
En el examen de Ácidos Nucleicos (12-5-97) otra vez encontramos los mismos rasgos que definen el discurso de Alfonso: elaboración personal en sus frases, párrafos coherentes y bien hilvanados en los que aplica con fluidez los conceptos trabajados, organización autónoma de la información que selecciona y maneja, deducciones e inferencias elaboradas y no uso de imágenes. El papel de los ácidos nucleicos en la estructura y en el funcionamiento celular lo explica como sigue:

“Teniendo en cuenta que todos los procesos biológicos que se producen en la célula están catalizados e(n) impulsados por la acción de un tipo determinado de proteínas, específicas para cada función y especie, y que además, las proteínas tienen una importante función estructural, pues constituyen las membranas, los citoesqueletos del citoplasma entre otras estructuras, el ADN es, por tanto, el organizador de toda la maquinaria de la vida, pues “ordena” la síntesis de una o(u) otra proteína en cada momento. Pienso que tiene la función más importante dentro de(l) todo el mecanismo viviente”.

Obsérvese que maneja indistintamente la estructura y el funcionamiento de la célula en una representación común, única, global, integrada; obsérvese, también, que echa mano de contenido, de conceptos y de procesos que se han trabajado en unidades didácticas diferentes, es decir, que revisa su modelo, que diferencia su conocimiento y lo reconcilia para elaborar su respuesta, que, en definitiva, lleva a cabo revisión recursiva de modelos dentro de modelos, ya que esos contenidos se han representado en su mente en momentos distintos del curso y en contextos también diferentes, habiendo adquirido carácter de unidad en su análogo estructural de célula por su integración, lo que le ha permitido la comprensión que ha desarrollado; y obsérvese, por último, que en esa comprensión siguen teniendo un papel importante las analogías a las que Alfonso recurre para explicar y predecir, mostrándonos un nuevo ejemplo en su respuesta. Paradójicamente, cuando se enfrenta a la interpretación de una serie de viñetas para ver en qué medida reflejan la estructura y el funcionamiento celular (12-5-97), este alumno parece recurrir a un esquema dual, a un doble modelo estructural, por un lado, y funcional, por otro, según el cual nos presenta un funcionamiento-suma de la célula característico del mismo; en esta ocasión, si bien usa conceptos de ambos aspectos, va señalando los distintos orgánulos y aquello que los caracteriza como función, haciendo tímidas referencias al símil que los sostiene, pero no hay una valoración global, una explicación común, como en el registro anterior. Veamos qué nos entregó.

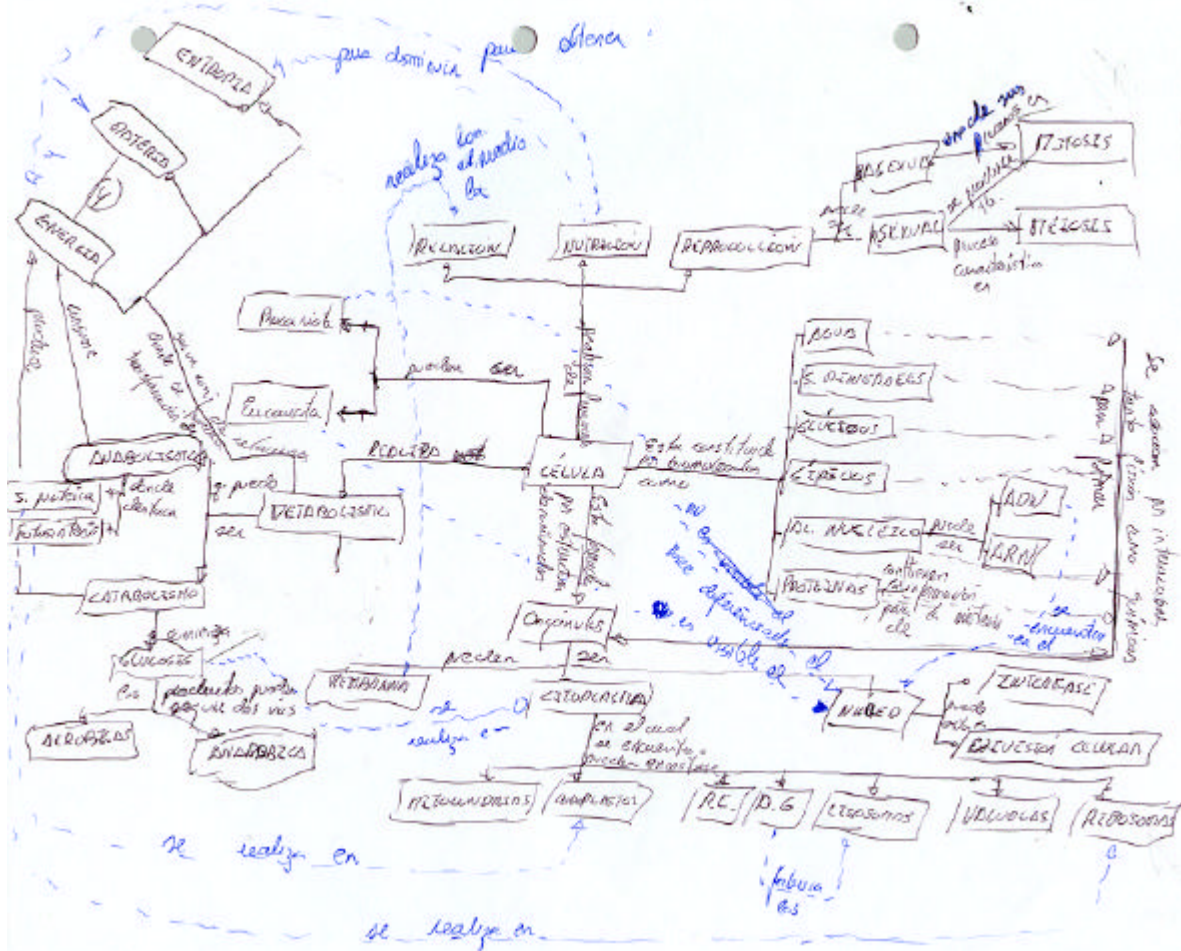
- *“En la membrana se produce el intercambio de sustancia entre el medio interno y externo. Delimita la célula al igual que los muros del recinto delimitan una fábrica.*
- *En las vacuolas se almacenan las sustancias y nutrientes necesarios para el organismo.*
- *Mitocondrias son los orgánulos “energéticos” en ellos se produce la combustión fraccionada de la glucosa y otros principios inmediatos orgánicos si son necesarios, para obtener la energía de los enlaces.*
- *Vacuolas de almacenamiento, se almacenan también las sustancias una vez han sido tratadas.*
- *Núcleo organiza y procesa todo lo que sucede en la célula, pues contiene la información para la síntesis de proteínas.*
- *Los lisosomas son los encargados de digerir las sustancias de desecho y por tanto realizan el trabajo sucio, al igual que los obreros.*
- *Retículo endoplasmático rugoso se sintetiza(n) las proteínas de acuerdo con la información transcrita al ARN mensajero. Esta información está contenida en el núcleo.*
- *Retículo endoplasmático liso se realiza el transporte de sustancias de un lugar de la célula a otro”.*

Y el dibujo que se le requiere con la misma finalidad (16-5-97) es sorprendente. Es un diseño elaborado que a primera vista parece libresco pero que no responde a lo que muestran los materiales que el alumnado ha usado a lo largo del curso en su proceso de aprendizaje de este contenido, ya que en él se presentan indicios de dinamismo a través de algunas palabras y sobre todo de flechas; el intercambio constante que refleja en la membrana plasmática, la dependencia energética del exterior, así como la ubicación y distribución de la misma, la continuidad de algunas moléculas y estructuras dan signos de ello y nos permiten concluir que es un dibujo complejo y dinámico que está lejos de aquellos primeros “huevos fritos” que nos entregara al empezar el curso. Para hacerlo necesariamente ha tenido que recurrir a imágenes en su mente que se han tenido que generar en unidades didácticas distintas, en momentos diferentes en los que estos elementos se han estudiado, que él ahora, al hacer lo que nos ha facilitado como producto ha rescatado, ha recuperado e integrado perfectamente. Su dibujo es el siguiente:



Su tercer mapa conceptual lo organiza de manera radial delimitando cuatro vertientes distintas y estableciendo abundantes relaciones cruzadas entre ellas. La selección conceptual que lleva a cabo es adecuada y consistente desde el punto de vista biológico, un conjunto de conceptos que usa que une con relaciones explicativas; ello da como consecuencia una serie de proposiciones que son muy significativas desde la perspectiva científica. Y otra vez en este mapa observamos que los principios inmediatos se relacionan por interacciones tanto físicas como químicas para dar lugar a los orgánulos, es decir, de nuevo vemos que una serie de moléculas tienen un conjunto de características físico-químicas que les permiten interactuar para dar lugar a

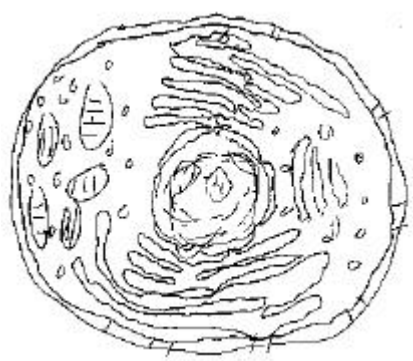
estructuras y para funcionar de una determinada manera. El producto que hizo Alfonso es lo que se presenta a continuación.



El cuestionario final que hace Alfonso (28-5-97) nos aporta algunos datos de interés, más, si cabe, si tenemos en cuenta que es igual al cuestionario inicial. En líneas generales, su discurso es similar al de aquella ocasión y, también, a la mayoría de los registros escritos que nos ha aportado este joven y como diferencia global lo que vemos es que no exterioriza en este momento analogía alguna. Pero su célula ahora no es la misma que en aquel comienzo de curso, su célula es polimorfa, o sea, muchas diferentes y sigue o tiene mecanismos de diferenciación celular, su célula es bastante más compleja o, cuanto menos, la forma que él tiene de representarla.

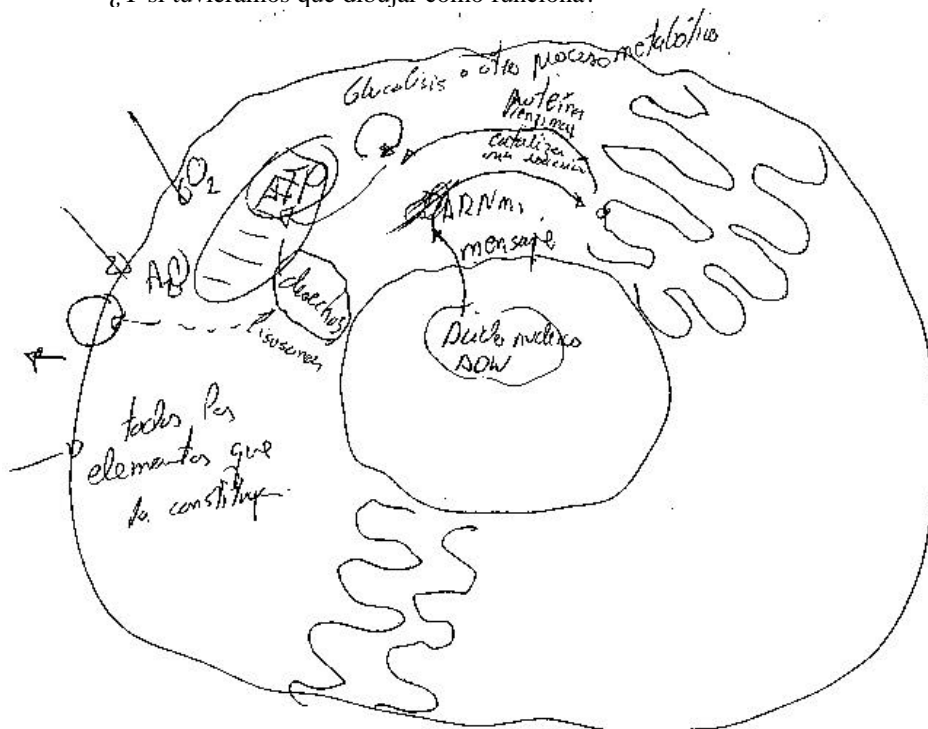
- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

“Una célula es polimorfa, puede ser de diferente(s) formas, porque no todas las células realizan la misma función, para ello está(n) los mecanismos de diferenciación celular”



Sus explicaciones son ahora mucho más personales y consistentes y, de hecho, ejecuta un modelo que es dinámico en el que echa mano de imágenes que plasma en diseños gráficos igualmente complejos y dinámicos.

- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
- “Unidad estructural y fisiológica de los seres vivos que posee la información necesaria para poder multiplicarse y dar lugar a otra célula.
- Sistema organizado de la materia de tal manera que dicho sistema va en contra de la entropía.
- Estructura capaz de crear material biológico propio y obtener energía para realizar las funciones vitales.”.
- ¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?
- “Transforma la materia y la energía de tal manera que la cataliza para liberarla cuando dicha estructura la necesita.
- La energía química almacenada en los enlaces covalentes en su mayoría son liberados mediante un proceso continuo y selectivo de reacciones químicas (redox).
- Todo el funcionamiento a su vez es controlado por unas moléculas denominadas Ácidos nucleicos que dirigen el funcionamiento de la célula”.
- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?



Es evidente que Alfonso ha desarrollado poder explicativo con respecto a la entidad “célula” que comprende y que para ello la ha representado en su mente de tal manera que puede plasmar y comunicar también de manera clara y explicativa; un ejemplo nos lo encontramos en la forma de responder a cómo cree que funciona.

“La célula es una estructura que está compuesta por los elementos característicos como por ejemplo (C, O, H, N, P, etc) que se asocian de tal manera que forman macromoléculas (principios inmediatos), que se relacionan para formar los orgánulos. La célula es capaz de ir en contra de la entropía y de obtener energía del medio para ello se relacionan e intercambian moléculas a través de la membrana. Los ácidos nucleicos

coordinan toda la actividad que se realiza en la célula para lo cual contiene(n) la información necesaria para la formación de proteínas que coordinan la actividad metabólica que se lleva a cabo en la célula”.

La entrevista que se le hace a Alfonso al finalizar el curso (13-6-97) nos aporta también algunos datos que merecen nuestra consideración. Cuando se le pide que describa la imagen que le sugieren catorce conceptos biológicos, en ocho de ellos hace referencia a una imagen de célula, se apoya en imágenes y podría decirse que eso es así porque tiene un modelo mental de estructura y de funcionamiento en el que se integran esas imágenes. Una vez que interpreta una foto de microscopía electrónica que se le enseña, el diálogo continúa como sigue.

ML : son demasiado evidentes ¿no ? Vamos a ver, ¡eeehhh ! ¿por qué me dices : esto es núcleo, esto es membrana, esto es mitocondria, esto es tal, esto es cual ? ¿por qué ? ¿qué es lo que hace que tú me puedas afirmar que cada una de esas cosas es lo que tú me has dicho ?

Alfonso : ¡mmm ! la, la situación en donde, la situación en la que se encuentran y su, su morfología.

ML : ¡mj !

Alfonso : sí, la forma que tienen.

ML : la forma que tiene. Entonces ¡eeehhh ! estás atendiendo, vamos a ver, estás fijándote en las estructuras.

Alfonso : sí.

ML : en las estructuras, según las estructuras que tú tienes en tu mente, de tu modelo.

Alfonso : sí.

Vemos que el extracto anterior nos muestra una relación situación/forma que es similar a la que él tiene en su mente y que eso es lo que le permite interpretar. Cuando se le pide que explique su modelo de funcionamiento, él recurre a un símil, un camino.

Alfonso : sí, como un camino que recorre

ML : pero tienes gráficamente eso.

Alfonso : sí.

ML : ¿o tienes eso de modo textual en tu mente ?

Alfonso : no, textual no porque ¡jeje ! ... que no.

ML : textual no. Estás aplicando modelos gráficos para poder decirme lo que me estás diciendo.

Alfonso : sí.

ML : sí. ¿Entonces hay una estructura más o menos ordenada de tus ideas en relación con el funcionamiento de la célula o son ideas sueltas ?

Alfonso : más o menos yo creo que ... sí, como que todo, todooo se va encajando.

ML : encajando.

Alfonso : que por un lado seee, se destruyen las moléculas complejas para obtener energía que se hace falta después para sintetizar las, las demás en el a, en el anabolismo ¿no ? y, bueno energía y, yyy nucleótidos reducidos que sooonnn, sí que tienen ... reducidos, sí, reducidos que son agentes oxi, reductores.

ML : ¡mj !

Alfonso : que después éstos se vuelven a ... sí, como que todo encaja, después éstos vuelven a oxidarse y vuelven a servir para los otros, para que se vuelvan a reducir y eso.

Y tiene el mismo modelo, lo ejecuta de la misma manera, usa los mismos elementos cuando piensa en una conferencia para hablar de la estructura celular y cuando lo hace para una conferencia de comportamiento, su modelo es único, un modelo que lo dota de causalidad.

ML : sí, es un modelo análogo al funcionamiento real de una célula. ¡Aaahhh ! Si yo te dijera ¡eeehhh ! vas a dar una conferencia sobre la estructura de una célula ; ¿cómo la organizarías ?

Alfonso : ... empezaría ... empezaría hablando de los ... sí, de las moléculas que forman todas las estructuras de la célula ¿no ? de los principios inmediatos.

ML : ¡mj !

Alfonso : de sus propiedades ¡mmm ! ... de sus propiedades y lo de sus funciones ... dentro de la célula ¿no ? después ... rela, después empezaría ... no sé, hablando deee de cada org, de cada orgánulo y de la función que realiza cada orgánulo ¿no ? para así parecer una ... no sé, una correspondencia entre la estructura y la función que realiza.

ML : sí.

Alfonso : yyy nada [...].

Un modelo el que ha generado Alfonso a lo largo del curso que es mucho más complejo, que se ha enriquecido considerablemente partiendo de aquél en el que comenzó a encajar la nueva información que ha ido procesando a lo largo del mismo y que ha hecho con el concurso de imágenes en las que se apoya para ganar en comprensión, una evolución de la que él mismo es consciente.

Alfonso : ... es que prácticima, prácticamente ... el modelo era no sé, de la célula no, no vas viendo nada de orgánulos hasta que prácticamente llegas a aquí porque sí, tienes un modelo, núcleo y citoplasma, ... unos, unos orgánulos pero que ¿sabes ? que te los dan por encima yyy y nada más y entonces más bien el modelo lo he adquirido ... este año.

Porque lo que ha hecho Alfonso es construir representaciones incluso imagísticas en las que apoyarse para razonar, construir un modelo mental causal, único, un modelo que maneja esas imágenes para dotarlo de la comprensión que la compleja entidad celular requiere, un análogo estructural como intermediario tan complejo como la propia realidad-mundo que representa; este joven ha ido estableciendo relaciones e interacciones entre elementos y características y, con ello, fue procesando este abundante y abstracto contenido, fue construyendo su modelo partiendo de lo que él ya tenía en su cabeza, una espléndida definición de constructivismo dada por este alumno.

Alfonso : no sé, hac, haciéndote representaci, representacionees ... e imágenes en la ... en mente ¿no ? o.

ML : ¿sí ? es lo que más te ha ayudado.

Alfonso : ... sí, así, una com, ... estableciendo relaciones entreee lo que teee, por ejemplo, si te estás leyendo algo del libro.

ML : sí.

Alfonso : en lo que túuu ... tienes en la mente de cómo son y, y lo que te va diciendo ¿no ?

ML : ¿cómo es eso ? ¿estableciendo relaciones entre lo que tú tienes en la mente ?

Alfonso : de cómo es un, por ejemplo, cómo es un orgánulo ¿no ? y, y cómo funciona.

ML : así es como has ido enriqueciendo.

Alfonso : sí.

ML : tu modelo.

Alfonso : sí, parece así.

ML : es decir que ahora tienes en la mente un modelo distinto al que tenías en octubre y ese modelo es el que ahora también te sigue permitiendo establecer nuevas relaciones.

Alfonso : sí.

Y, como hemos visto, ante esta entrevista lo que ejecutó Alfonso es un modelo D, causal, único, con intervención de imágenes en sus razonamientos, un modelo, unas imágenes que, como él mismo advierte, son mucho más complejos, una célula que sí que es en su mente la unidad de vida porque de esa vida es de lo que precisamente él la dotó con tantas relaciones e interacciones, una célula que construyó haciéndose representaciones con imágenes, construyendo modelos mentales, en este caso, un modelo D.

ANEXO N° 39:

YURMA

NOMBRE: Yurma

CURSO: COU B

FECHA: 1-3-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	ENTREVISTA
CONCEPTOS	Célula, organización, seres vivos, funciones vitales, cilios, flagelos, vida, materia, energía, animal, vegetal, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, ADN, ARN, lípidos, medio.	Célula, orgánulos, funciones vitales, metabolismo, vida, principios inmediatos, energía, reacciones, cloroplasto, vegetal, vacuolas, núcleo, aparato de Golgi, membrana, retículo endoplasmático liso, citoplasma, cilios, flagelos, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondrias, mitosis, meiosis, ADN, relación, reproducción, gametos, nutrición, glúcidos, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, glucogénesis, lípidos, β -oxidación, proteínas, síntesis proteica, enzimas, ácidos nucleicos.	Ser vivo, células, funciones vitales, reacciones, metabolismo, vida, síntesis, energía, ADN, nutrientes, orgánulos, núcleo, mitocondrias, retículo.
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	Elaboración personal	De libro
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Coherente y con aplicación (¡pero muy baja aplicación!)	Coherente y con aplicación	Simple y pobre (¡mas bien, no hay discurso!)
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica	Organización autónoma	Repetición mecánica
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso (insiste en que no puede ser plana (preg. 2) pero no dibuja ni nombra elementos)	Uso (3º dibujo) No uso (1º y 2º) (insiste en que no puede ser plana (preg. 2) pero no dibuja ni nombra elementos)	<ul style="list-style-type: none"> Ácido nucleico: dibujo de ADN. Energía: explosión. Célula: cosas moviéndose sin forma ni color. Meiosis: división.
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	No establecimiento	Pobres	No establecimiento
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No se detectan	<ul style="list-style-type: none"> célula: fábrica; lo explica insistiendo en que incluso el símil es más sencillo pero bueno para tener una base del funcionamiento celular. Extrabiol./repetición de clase. 	No se detectan (sólo lo que se deriva de las imágenes)

- No tiene modelo de funcionamiento; insiste -pág. 9 y 10.
- Prácticamente no ha generado imágenes de nada o es incapaz de verbalizarlas. De célula dice tener una imagen que tiene movimiento de sustancias de un lado a otro, que es intenso, pero no delimita estructuras ni elementos dentro de la misma; no ve formas ni colores.
- Pág. 6: dice que la foto se parece a su imagen de célula. ¡No lo entiendo! ¡si no vio ninguna estructura! ¡Ah!: "en que hay un montón de cosas apretadas". Cuando describe su imagen empieza por "rebujón" y ahora dice lo mismo. Insiste en que no hay ninguna forma.
- Pág. 7 A: "... , ..., ..., porque creo que eeen, en eIII, ... ¡tch! la estructura que yo me he formado nooo me parece que ..., que escasean ¿no? algunos, algunas cosas".
- Pág. 8 A: habla de que si intenta formarlo, hace un modelo más completo; ¿significa eso que no ha querido? ¿qué no ha construido modelo? La verdad es que las respuestas son decepcionantes.
- Identifica preguntándome. ¡Claro que su modelo no tenía estructuras definidas! Identifica por lo que ha visto en los libros.
- Pág. 10 A: dice que su modelo ha avanzado en estructuras. ¡Es curioso!: no dibuja en los cuestionarios, excepto en el 3º dibujo de mayo que tiene estructuras.
- Pág. 12 A: "incorpora más información relativa a la estructura". Confirma lo anterior.

NOMBRE: Yurma

CURSO: COU B

FECHA: 1-3-98

CRITERIOS	1. MAPA CONCEPTUAL	2. MAPA CONCEPTUAL	3. MAPA CONCEPTUAL
CONCEPTOS	Célula, reproducción, nutrición, relación, núcleo, membrana celular, citoplasma, eucariota, procariota, orgánulos, mitocondrias, cloroplastos, hialoplasma, ciclo de Krebs, fotosíntesis, glucólisis, productos, ATP.	Células, funciones, vitales, principios inmediatos, núcleo, membrana, citoplasma, ser vivo, transporte de sustancias, sistemas membranosos, metabolismo, reacciones, ATP, enzimas, energía. • 14 conceptos; ¡falta uno!	Procariota, eucariota, célula, reproducción, nutrición, relación, núcleo, hialoplasma, membrana, transporte, principios inmediatos, metabolismo, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, catabolismo, anabolismo, cadena respiratoria, glucólisis, ciclo de Krebs, β -oxidación, fotosíntesis, glucogénesis, aparato de Golgi, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, vacuolas, ribosomas, ATP.
SELECCIÓN (arbitraria o adecuada y consistente)	Arbitraria (Ej: no incorpora nada de composición; sólo estructuras)	Arbitraria (Ej: transporte de sustancias, reacciones; además falta uno)	Adecuada y consistente
RELACIONES (simples o explicativas)	Simples	Explicativas	Simples
PROPOSICIONES (nada significativas, poco o significativas)	Poco significativas (localiza los procesos con nexos muy simples)	Poco significativas	Poco significativas (no establece relaciones estructura/función; no localiza los procesos en los orgánulos correspondientes aun pudiendo por haberlos colocado unos encima de otros)
JERARQUIZACIÓN (ausente, de libro, débil, coherente)	Débil	Ausente	Débil
ANALOGÍAS Y REFERENCIAS A IMÁGENES (uso o no de los mismos en los nexos)	No uso	No uso	No uso

NOMBRE: Yurma

CURSO: COU B

FECHA: 1-3-98

CRITERIOS	SÍMIL DE LA FÁBRICA	EX. OV	EX. GLÚC	EX. LÍP	EX. PROT	EX. AN
CONCEPTOS	Célula, orgánulo, metabolismo, secreción, reproducción, núcleo, ADN, mitosis, meiosis, información, transmisión, membrana, transporte, mitocondria, ciclo de Krebs, ribosomas, síntesis, proteínas, aminoácidos, vacuolas, medio, información genética.	Biomoléculas, principios inmediatos, reacciones, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, prótidos, ácidos nucleicos, célula, vida, metabolismo, energía, vegetales, transporte, membrana celular, núcleo, citoplasma, orgánulos, procarionta, eucarionta, animal, cloroplastos, vacuolas, pared celular, diplosoma, información genética, centriolos, mitocondrias, mitosis, reproducción, organismo, ser vivo, materia.	Organismo, metabolismo, anabolismo, catabolismo, fotosíntesis, ATP, agua, vegetal, glucólisis, ciclo de Krebs, cloroplastos, membranas, proteínas, enzimas, fermentaciones, anaeróbica, hialoplasma, citoesqueleto, célula, animales, autótrofo, heterótrofo, glúcidos, seres vivos, energía, monosacáridos.	Funciones vitales, ser vivo, orgánulos, célula, eucarionta, procarionta, animales, vegetales, metabolismo, anabolismo, catabolismo, membrana, citoplasma, núcleo, principios inmediatos, lípidos, reacciones, energía, ATP, mitocondria, aparato de Golgi, dictiosomas, envoltura nuclear, vesículas, secreción, glucosidación, proteínas, enzimas, lisosomas, retículo endoplasmático, permeabilidad, glúcidos, citosol, ribosomas, ácidos grasos, solubilidad, fluidez, medio.	Proteínas, aminoácidos, membrana celular, organismo, enzimas, reacción, antígenos, energía, célula, síntesis proteica, traducción, ARN mensajero, ARN transferente, codón, inmunidad, sistema inmunitario, especificidad, anticuerpos, núcleo, citoplasma, combustión, linfocitos, inhibidores.	¡NO LO HIZO!
FRASES (de libro o elaboración personal)	De libro	De libro	De libro (Ej: metabolismo)	Elaboración personal (Ej: célula)	De libro (Ej. PH)	
CALIDAD DEL DISCURSO DE LOS PÁRRAFOS (simple y pobre o coherente y con aplicación)	Simple y pobre (frases sueltas sin hilo conductor; no hay discurso)	Simple y pobre (problemas de expresión)	Coherente y con aplicación (discurso lógico)	Simple y pobre (frases sueltas y problemas de expresión)	Simple y pobre (párrafos, incluso largos, sin sentido)	
USO DE LA INFORMACIÓN (repetición mecánica u organización autónoma)	Repetición mecánica (Ej: mitosis, meiosis)	Repetición mecánica (Ej: célula)	Repetición mecánica (Ej: preg. 5 o metabolismo)	Repetición mecánica (Ej: β -oxidación, permeabilidad)	Repetición mecánica (Ej: respuestas que no se preguntan o errores graves e incongruencias graves; frases sin ningún significado)	
PLASMAR IMÁGENES EN DISEÑOS (no uso/uso)	No uso	No uso	No uso	No uso	No uso	
INFERENCIAS Y DEDUCCIONES; INTERPRETACIÓN (establecimiento/no; pobre/elaborada)	Pobres	No establecimiento	No establecimiento (Ej: preg. 6)	No establecimiento (Ej: preg. 4)	No establecimiento (Ej: preg. 5 -¡no se entiende nada!)	
ANALOGÍAS (extrabiológica, biológica -nivel-, repetición de clase/autónoma)	No cabe	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan	

NOMBRE: Yurma

CURSO: COU B

FECHA: 1-3-98

CRITERIOS	CUESTIONARIO INICIAL	CUESTIONARIO FINAL	DIBUJO
CONCEPTOS	<ul style="list-style-type: none"> No hace 1º dibujo. No hace 2º dibujo. No hace 3º dibujo: sólo escribe dentro: Proteínas, flagelos, cilios, enzimas, ácidos nucleicos, ADN. ARN, lípidos.	<ul style="list-style-type: none"> No hace 1º dibujo. No hace 2º dibujo. Vacuolas, núcleo, aparato de Golgi, membrana, retículo endoplasmático liso, citoplasma, cilios, flagelos, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondrias, cloroplasto, célula, vegetal.	Mitocondrias, membrana plasmática, núcleo, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, vacuola. <ul style="list-style-type: none"> "no sé cómo dibujar procesos tan complejos que ni siquiera comprendo muy bien".
DISEÑO (de libro o elaboración personal)	No hace	De libro	De libro
ESTRUCTURAS (identificación, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases, identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales, identificación y funciones con uso de notaciones no verbales)	No hace	Identificación	Identificación (pone dos dibujos para síntesis de proteínas y glucólisis que no representan nada!)
COMPLEJIDAD (simples-estáticos, complejos-dinámicos)	No hace	Simple-estático	Simple-estático
		¡el dibujo está bastante lleno de cosas! En la entrevista no ve cosas definidas.	En la entrevista dice que todo se mueve en su interior; no ve formas, no identifica estructuras.

NOMBRE: Yurma

CURSO: COU B

FECHA: 1-3-98

INSTRUMENTO (FECHA)	CONCEPTOS
Cuestionario 1 18/10/96	Célula, organización, seres vivos, funciones vitales, cilios, flagelos, vida, materia, energía, animal, vegetal, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, ADN, ARN, lípidos, medio.
Origen de la vida 18/11/96	Biomoléculas, principios inmediatos, reacciones, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, prótidos, ácidos nucleicos, célula, vida, metabolismo, energía, vegetales, transporte, membrana celular, núcleo, citoplasma, orgánulos, procarionta, eucarionta, animal, cloroplastos, vacuolas, pared celular, diplosoma, información genética, centriolos, mitocondrias, mitosis, reproducción, organismo, ser vivo, materia.
ex. GLUC. 9/12/96	Organismo, metabolismo, anabolismo, catabolismo, fotosíntesis, ATP, agua, vegetal, glucólisis, ciclo de Krebs, cloroplastos, membranas, proteínas, enzimas, fermentaciones, anaeróbica, hialoplasma, citoesqueleto, célula, animales, autótrofo, heterótrofo, glúcidos, seres vivos, energía, monosacáridos.
Mapa conceptual 1 8/1/97	Célula, reproducción, nutrición, relación, núcleo, membrana celular, citoplasma, eucariota, procarionta, orgánulos, mitocondrias, cloroplastos, hialoplasma, ciclo de Krebs, fotosíntesis, glucólisis, productos, ATP.
ex. LÍP. 26/2/97	Funciones vitales, ser vivo, orgánulos, célula, eucarionta, procarionta, animales, vegetales, metabolismo, anabolismo, catabolismo, membrana, citoplasma, núcleo, principios inmediatos, lípidos, reacciones, energía, ATP, mitocondria, aparato de Golgi, dictiosomas, envoltura nuclear, vesículas, secreción, glucosidación, proteínas, enzimas, lisosomas, retículo endoplasmático, permeabilidad, glúcidos, citosol, ribosomas, ácidos grasos, solubilidad, fluidez, medio.
ex. PROT. 14/3/97	Proteínas, aminoácidos, membrana celular, organismo, enzimas, reacción, antígenos, energía, célula, síntesis proteica, traducción, ARN mensajero, ARN transferente, codón, inmunidad, sistema inmunitario, especificidad, anticuerpos, núcleo, citoplasma, combustión, linfocitos, inhibidores.
Mapa conceptual 2 2/4/97	Células, funciones, vitales, principios inmediatos, núcleo, membrana, citoplasma, ser vivo, transporte de sustancias, sistemas membranosos, metabolismo, reacciones, ATP, enzimas, energía.
ex. AN. 12/5/97	
Dibujo estruc/función 16/5/97	Mitocondrias, membrana plasmática, núcleo, aparato de Golgi, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, vacuola
Mapa conceptual 3 19/5/97	Procarionta, eucariota, célula, reproducción, nutrición, relación, núcleo, hialoplasma, membrana, transporte, principios inmediatos, metabolismo, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, catabolismo, anabolismo, cadena respiratoria, glucólisis, ciclo de Krebs, β -oxidación, fotosíntesis, glucogénesis, aparato de Golgi, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, vacuolas, ribosomas, ATP.
Símil de la fábrica 22/5/97	Célula, orgánulo, metabolismo, secreción, reproducción, núcleo, ADN, mitosis, meiosis, información, transmisión, membrana, transporte, mitocondria, ciclo de Krebs, ribosomas, síntesis, proteínas, aminoácidos, vacuolas, medio, información genética.
Cuestionario final 19/6/97	Célula, orgánulos, funciones vitales, metabolismo, vida, principios inmediatos, energía, reacciones, cloroplasto, vegetal, vacuolas, núcleo, aparato de Golgi, membrana, retículo endoplasmático liso, citoplasma, cilios, flagelos, retículo endoplasmático rugoso, ribosomas, mitocondrias, mitosis, meiosis, ADN, relación, reproducción, gametos, nutrición, glúcidos, glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, glucogénesis, lípidos, β -oxidación, proteínas, síntesis proteica, enzimas, ácidos nucleicos.
Entrevista. 19/6/97	Ser vivo, células, funciones vitales, reacciones, metabolismo, vida, síntesis, energía, ADN, nutrientes, orgánulos, núcleo, mitocondrias, retículo.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Dibujo.	Mapa 3.	Símil.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
ELEMs. ESTRUC: Orgánulos	Cilios, flagelos.	Membrana celular, núcleo, citoplasma, orgánulos, cloroplastos, vacuolas, pared celular, diplosoma, centriolos, mitocondrias.	Cloroplastos, membranas, hialoplasma, citoesqueleto	Núcleo, membrana celular, citoplasma, núcleo, orgánulos, mitocondrias, cloroplastos, hialoplasma.	Orgánulos, membrana, citoplasma, núcleo, mitocondria, aparato de Golgi, dictiosomas, envoltura nuclear, vesículas, lisosomas, retículo endoplasmáti co, citosol, ribosomas.	Membrana celular, núcleo, citoplasma.	Núcleo, membrana, citoplasma, sistemas membranoso s.	-	Mitocondrias , membrana plasmática, núcleo, aparato de Golgi, retículo endoplasmáti co rugoso, ribosomas, vacuola.	Núcleo, hialoplasma, membrana, mitocondria, aparato de Golgi, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmáti co, vacuolas, ribosomas.	Orgánulo, núcleo, membrana, mitocondria, ribosomas, vacuolas.	Orgánulos, cloroplasto, vacuolas, núcleo, aparato de Golgi, membrana, retículo endoplasmáti co liso, citoplasma, cilios, flagelos, retículo endoplasmáti co rugoso, ribosomas, mitocondrias.	Orgánulos, núcleo, mitocondrias, retículo.	AG4,ctrl1,cil io2,ctq1,ctpl6 ,ctsl1,clpt5,di ctiosoma1,en vnuc1,fgl2,hl pl3,liss1,mm br10,mmbree l3,mmbprplas m1,mitc8,núc l10,org6,pare dcel1,RE4,R EL1,RER2,ri b5,vesc1.
Moléculas	Proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, ADN, ARN, lípidos.	Biomoléculas , principios inmediatos, agua, sales minerales, glúcidos, lípidos, prótidios, ácidos nucleicos.	ATP, agua, proteínas, enzimas, glúcidos, monosacárid os.	ATP.	Principios inmediatos, lípidos, ATP, proteínas, enzimas, glúcidos, ácidos grasos.	Proteínas, aminoácidos, enzimas, ARN mensajero, ARN transferente, codón, inhibidores.	Principios inmediatos, ATP, enzimas.	-	-	Principios inmediatos, glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP.	ADN, proteínas, aminoácidos.	Principios inmediatos, ADN, glúcidos, lípidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos.	ADN, nutrientes.	Acgr1,AN4, ADN4,agua2 ,aa2,ARN2,A RNm1,ARN1, ATP5,biom oléculas1,enz 6,glúc5,inhib idor1,líp5,mo lécula1,mono sac1,nutrient e1,PI5,prot7, sm1.
PROCESOS Mts.	-	Metabolismo	Metabolismo , anabolismo, catabolismo, fotosíntesis, glucólisis, ciclo de Krebs, fermentacion es, anaeróbica, autótrofo, heterótrofo.	Ciclo de Krebs, fotosíntesis, glucólisis.	Metabolismo , anabolismo, catabolismo, secreción, glucosidació n.	Síntesis proteica, traducción, combustión.	Metabolismo	-	-	Metabolismo , catabolismo, anabolismo, cadena respiratoria, glucólisis, ciclo de Krebs, β- oxidación, fotosíntesis, glucogénesis.	Metabolismo , secreción, ciclo de Krebs, síntesis.	Metabolismo , glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, glucogénesis, β-oxidación, síntesis proteica.	Metabolismo , síntesis.	Anb3,autófl, â- ox2,cadresp2 ,cat3,cKrebs5 ,fermet1,ftst3 ,glucogénesis 2,glucólisis4, glucosidació n1,heteróf1, mtb8,secreci ón2,síntesis7, sprot2,traduc ción1.
Otros	Funciones vitales.	Transporte, mitosis, reproducción	-	Reproducció n, relación, nutrición.	Funciones vitales.	-	Funciones vitales, transporte.	-	-	Reproducció n, nutrición, relación, transporte.	Reproducció n, mitosis, meiosis, transporte.	Funciones vitales, mitosis, meiosis, relación, reproducción , nutrición.	Funciones vitales.	FV5,meiosis 2,mitosis3,nu t3,rel3,rep5,tr ansporte4,.

	Cuest. 1	ex. OV.	Ex. Glúc.	Mapa 1	ex. Líp.	Ex. Prot.	Mapa 2	ex. AN.	Dibujo.	Mapa 3.	Símil.	Cuest. 2	entrevista.	Conclusiones
CONCEPs GRALES:	Célula, organización, seres vivos, vida, materia, energía, animal, vegetal, medio.	Reacciones, célula, vida, energía, vegetales, procarionte, eucarionte, animal, información genética, organismo, ser vivo, materia.	Organismo, vegetal, célula, animales, seres vivos, energía.	Célula, eucariota, procariota.	Ser vivo, célula, eucarionta, procarionta, animales, vegetales, reacciones, energía, medio.	Organismo, reacción, energía, célula.	Células, ser vivo, reacciones, energía.	-	-	Procariota, eucariota, célula.	Célula, información, transmisión, medio, información genética.	Célula, vida, energía, reacciones, vegetal.	Ser vivo, células, reacciones, vida, energía.	Ani4,célula1 1,energía8,eu cat2,informa ción2,infrgen ética2,materi a2,medio3,or ganismo3,org anización1,pr ocarit2,react5, svv6,vgt5,vid a4.
OTROS CONCEPs	-	-	-	-	Permeabilidad, solubilidad, fluidez.	Antígenos, inmunidad, sistema inmunitario, especificidad, anticuerpos, linfocitos.	-	-	-	-	-	Gametos.	-	Anticuerpo1, antígeno1,es pecificidad1, fluidez1,gam eto1,inmunid ad1,linfocito 1,permeabili dad1,sistinn unitario1.
MODELO	A	A	A	B	A	A	A/B	-	A	B	B	B	A	A

Yurma se ha caracterizado a lo largo de casi todo el curso por su forma de pensar en la célula en términos estructurales solamente, una célula-estructura con la que lo termina que, de cualquier modo, es más rica en lo que a sus elementos organulares se refiere, pero sólo eso, una estructura que en algunos momentos adquirió para ella un cierto funcionamiento, una determinada forma de actuar muy genérica, eso sí, pero comportamiento, al fin y al cabo, que para esta joven resulta difícilmente comprensible en la medida en que no genera poder explicativo y predictivo al respecto operando, consecuentemente, en un terreno proposicional en este ámbito. Yurma ejecuta repetida y sistemáticamente una estructura celular, un ente que gana a lo largo del curso algunos elementos conceptuales más relativos a orgánulos y a moléculas pero que, a pesar de usarlos, gana también con poco significado biológico, elementos básicamente metabólicos a los que les atribuye, como decimos, poco sentido. Con una representación como la que genera cada vez que se enfrenta a la célula como mundo, esta estudiante ha desarrollado una capacidad explicativa limitada que, en todo caso, responde prioritariamente a su constitución física, mostrando serios problemas cuando aborda el comportamiento, la fisiología celular, y recurriendo para ello a repetición mecánica de información sin sentido, a respuestas que no se corresponden con lo que se pregunta, a un discurso frecuentemente simple, etc. Como es lógico, su capacidad predictiva es muy baja ya que trabaja sólo con estructuras, no pudiendo establecer inferencias y deducciones que se refieran a las interacciones estructura/función que se dan en la célula, no pudiendo, por tanto, anticipar comportamientos celulares, no pudiendo razonar, en definitiva, en términos biológicos, pues su modelo de célula no se lo permite. Cuando se le pregunta en el cuestionario inicial (18-10-96):

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

Yurma recurre a un relativamente extenso texto, no mostrando ningún dibujo al respecto.

“Una célula la podemos representar de una forma cualquiera pero teniendo en cuenta que no puede ser totalmente plana, porque de serlo así nosotros seríamos también planos y esto no es cierto. Anteriormente también he mens(c)ionado que tiene que ser muy pequeña porque nosotros estamos formados por millones de ellas.

El dibujo de una célula lo haría de un tamaño normal para apreciar las partículas o moléculas por las que está formada y también dibujarle cilios o flagelos que indican que pueden desplazarse o relacionarse. Las moléculas por las que está formada son importantes dibujarlo(a)s ya que nos proporcionarán información de cómo se nutren y cómo se relacionan”.

Y es que no parece que esta alumna tenga en su mente imágenes en las que apoyarse para construir sus explicaciones, no hay en sus respuestas duda de que no razona con imágenes y un ejemplo lo tenemos en lo siguiente:

- ¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona (una célula)?

“Creo que puede resultar muy difícil o quizás imposible. Para ello tendríamos que conocer todos los procesos que realiza y los conceptos que se utilizan en estos procesos. También creo que algunos procesos se realizan a la vez, por tanto, esto supone que el dibujo sea más complicado o imposible”.

Su capacidad deductiva es pobre no pudiendo articular conjuntamente diferentes argumentos y recurriendo a explicaciones entrecortadas sin hilo conductor, como muestra la forma de contestar a la pregunta:

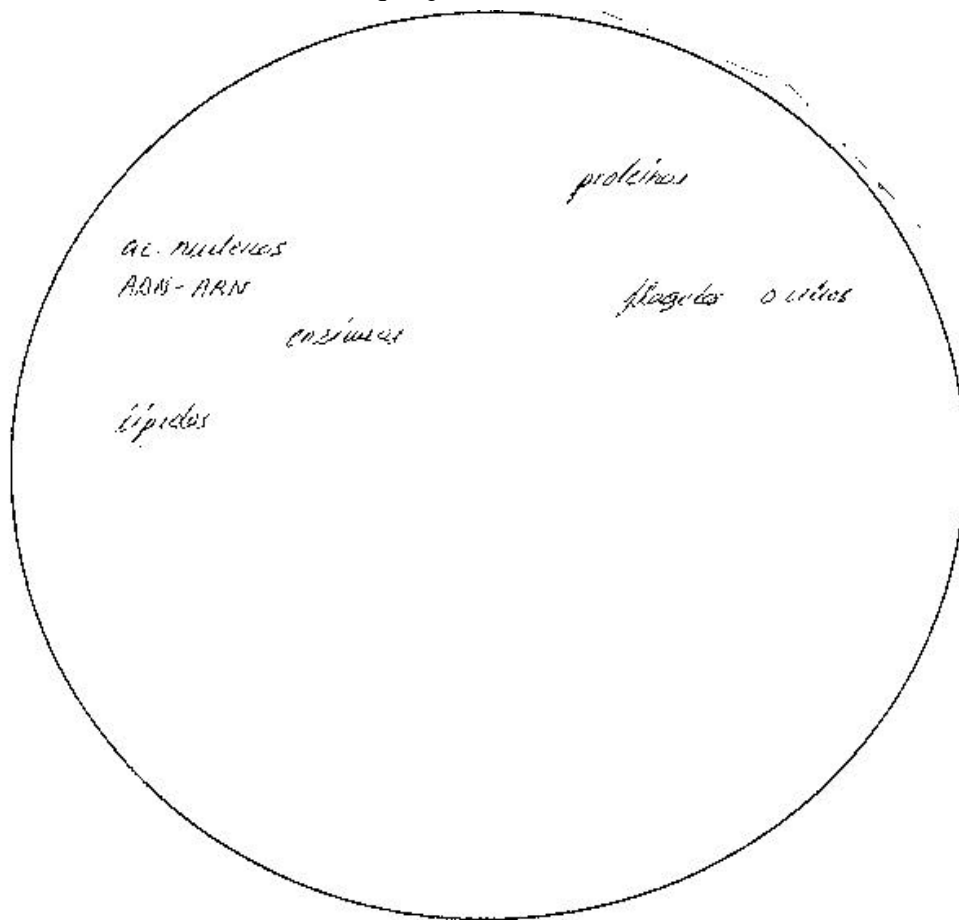
- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

“Para ser una célula hacen falta moléculas o partículas que sean impres(c)indibles para poder evolucionar, por tanto, desde que algo evolucione podemos decir que posee vida.

Para ser físicamente una célula, tiene que ser algo muy pequeño que sólo se pueda observar a través de un microscopio y que en esta observación se aprecien las moléculas o partículas necesarias para ser un ser vivo.

Para funcionar como una célula sólo hay que tener ciertas moléculas impres(c)indibles para la vida. El medio no importa porque la célula posee vida por sí sola, es decir, no necesita de otros seres vivos. Necesita obtener energía”.

Lo que sí hace es insistir en las moléculas y, curiosamente, eso es lo que pone dentro de su célula, una estructura que ¿es una estructura celular?



Como vemos, no identifica ningún orgánulo, no delimita su aspecto y, de hecho, si observamos su evolución conceptual, Yurma usa muy pocos orgánulos en todo el cuestionario. ¿Cómo funciona su célula? Ella cree que efectivamente hay un comportamiento específico pero que no conoce.

“El funcionamiento que tiene una célula se basa en la realización de las funciones vitales y cómo la célula obtiene energía. Creo que el funcionamiento es muy complejo y no lo puedo explicar porque carezco de conocimientos vitales”.

En el examen de Origen de la Vida (18-11-96) observamos tres aspectos de interés; el primero de ellos es un párrafo extraído de su respuesta a la pregunta:

- ¿Consideras que la presencia en un tubo de ensayo de todas las moléculas de la materia viva nos daría como resultado una célula?. Explica las razones en las que fundamentas tu opinión utilizando, al menos, cuatro de los ocho o diez posibles argumentos que hemos trabajado.

“... . Sí considero que todas las moléculas de la materia viva nos daría(n) como resultado una célula, porque ésta es la unidad biológica fundamental que posee vida propia y para ello, se necesitan los principios inmediatos básicos de toda materia viva, que se forman al combinarse los elementos biogénicos.”

¿Qué significa “vida” para Yurma? ¿Cómo piensa la célula? ¿Le da algún dinamismo? Es difícil que lo conceptualice sólo combinando sus elementos moleculares y no considerando nada más. La explicación que hace de célula en este ejercicio es como sigue:

“La célula es el elemento biológico fundamental que contiene vida propia. La célula está formada por la membrana celular, el núcleo y el citoplasma. En el citoplasma se encuentran gran número de orgánulos que desempeñan funciones importantes. Podemos distinguir entre célula procarionte (núcleo no bien diferenciado) y eucarionte (núcleo diferenciado). En la eucarionte podemos distinguir a su vez, la célula animal y la célula vegetal. Éstas se diferencian en que la vegetal contienen cloroplastos, vacuolas grandes (,) membrana citoplasmática y pared celular, en cambio, la animal tiene diplosoma y membrana.

Entre la célula procarionta(e) y eucarionta(e) podemos señalar las diferencias más importantes.

Procarionta(e)

Son de un tamaño pequeño; son microbios. Según su morfología son filamentos o micelas.

No poseen una membrana que rodee la información genética. Su división celular es por fisión binaria. No se reproducen asexualmente. Carecen de centriolos, de mitocondrias. En fin, son mucho más sencillas que las eucariotas.

Eucarionta(e)s.

Son de gran tamaño, algunas son microbios. Según su morfología destacan los vertebrados y plantas con flores. Posee núcleo, donde se encuentra la información genética. Se dividen mediante mitosis, poseen reproducción. Contienen mitocondrias, centriolos,”

Obsérvese cómo recurre a repetir mecánicamente una información que da cuenta de sus tipos y ¡fundamentalmente! de sus estructuras; ¿refiere algo a su fisiología? Esta joven no establece deducciones e inferencias, sobre todo, en las preguntas que se le hacen para recurrir específicamente a procedimientos (como categoría de contenidos) que suponen interacciones estructura/función y, sin embargo, muestra una cierta lógica aunque no biológica ante la siguiente cuestión:

- Las medusas son animales marinos que tienen forma de sombrerillo o paraguas. En estado vivo son turgentes ; cuando mueren se deshinchan y arrugan.
 - ¿Qué explicación puedes darle a este hecho?. Utiliza el mayor número de argumentos posible.
 - Emite una hipótesis relativa a esta cuestión y plantea, al menos, dos actividades que te permitan contrastarla.

“Las medusas son turgentes en estado vivo, debido a que están formadas por agua y ésta hace presión en el interior, lo que permite que no se arruguen o deshinchen. Las medusas una vez muertas ya no tienen agua o no necesitan el agua, para realizar diferentes

reacciones químicas. También se puede decir que las medusas al estar muertas que en ella(s) no tienen lugar diferentes reacciones químicas y, por tanto, no necesitan el agua”.

Las limitaciones de la capacidad explicativa de Yurma se ponen nuevamente de manifiesto en el examen siguiente, Glúcidos (9-12-96). No ha generado una representación que le permita dar cuenta del funcionamiento celular, que es lo que se le demanda, y su pobreza argumentativa es una prueba de ello, hasta el extremo de que no responde a uno de los apartados. En el último de ellos vemos que no hace ni la más mínima referencia a la estructura celular, lo que es un indicio de que evidentemente no pensó en una célula en acción sino que, simplemente, respondió como ideas sueltas, proposiciones aisladas, a cuestiones funcionales sin comprenderlas.

- Razona las respuestas :
 - ¿Por qué un microorganismo anaerobio facultativo no utiliza las vías fermentativas mientras hay oxígeno en el medio ?.
 - ¿Se puede afirmar que las células animales respiran pero que las células vegetales no respiran y, en su lugar, llevan a cabo la fotosíntesis ?.
 - ¿Se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo ?.
 - ¿Podría una célula funcionar como tal o serlo sin la presencia de los glúcidos ?.
-
- *“Tanto las células animales como vegetales respiran lo que ocurre es que en las células vegetales tiene lugar la fotosíntesis.*
- *Por supuesto que se puede hablar de catabolismo autótrofo y heterótrofo, ya que estos dos conceptos en realidad están muy relacionados.*
- *Una célula no podría funcionar sin la presencia de los glús(c)ido(s) porque éstos aportan una cantidad en energía considerable. Los glús(c)idos son impres(c)indibles en todos los seres vivos”.*

Lógicamente, de este modo, su representación no le permite establecer deducciones e inferencias que requieren echar mano tanto de aspectos y conceptos estructurales como funcionales y por ello sus respuestas son inconsistentes e infundadas biológicamente, no observándose aplicabilidad de los contenidos trabajados. Un ejemplo de ello es su respuesta a la pregunta:

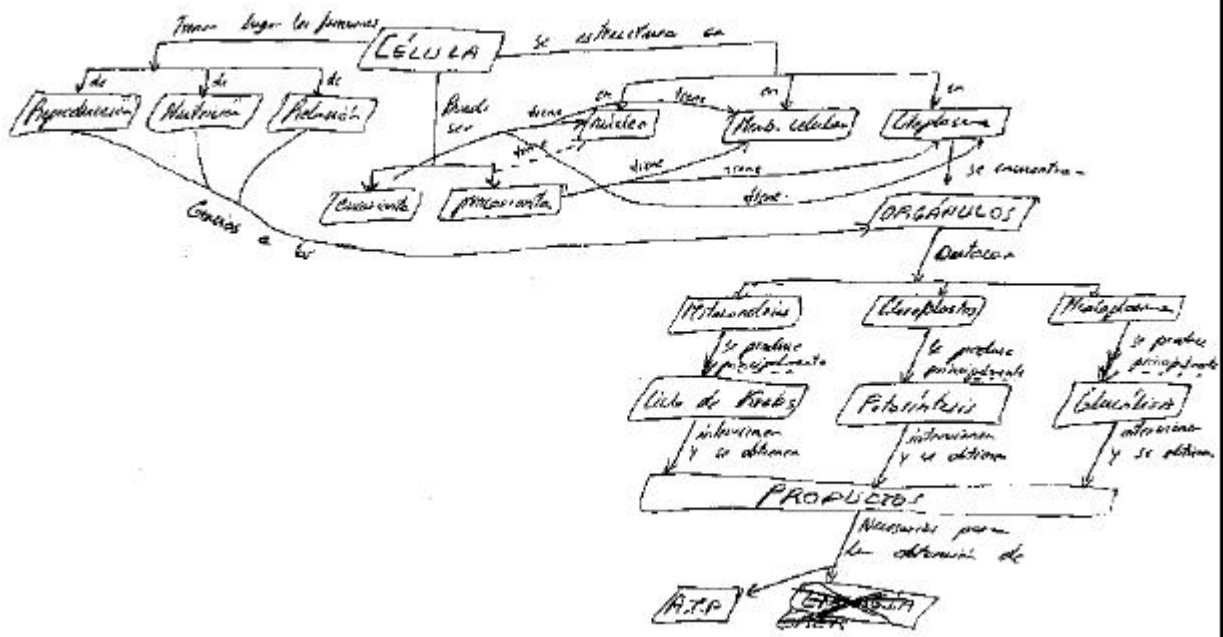
- Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que las mujeres modifican sus gustos en la fase de ovulación, teniendo grandes apetencias por alimentos o nutrientes dulces.
 - ¿Cómo podrías explicar lo que plantea el texto ?.
 - Emite una hipótesis relativa a este fenómeno y plantea, al menos, dos actividades para comprobarla.

“Pues yo pienso que la ovulación es un proceso que puede afectar en la mujer de distintas maneras o formas. Una de ellas es modificando sus gustos. Estos gustos son en su mayor parte glús(c)ido(s) porque éstos poseen un sabor dulce que gusta mucho, además so(n) solubles en agua (,) cristalizables, sólidos

La ovulación puede afectar también de un modo u otro en el aspecto (p)sicológico y esto hace que la mujer se encapriche por determinadas sustancias como lo son los glús(c)idos”.

El primer mapa conceptual que hace Yurma para dar cuenta de la estructura y del funcionamiento celular (8-1-97) muestra una selección arbitraria de conceptos no

incorporando, por ejemplo, nada relativo a moléculas constituyentes; las relaciones que establece con los conceptos seleccionados son simples y manifiestan poca significatividad biológica, lo que debe ser una consecuencia del significado que ella atribuye a las mismas en su representación. La jerarquía conceptual que desarrolla es débil y tan solo a simple vista evidencia una primera parte estructural, amén de funciones vitales, y una segunda, inferior, metabólica que, curiosamente, no guarda relación con esas funciones vitales. Podríamos admitir que en esta ocasión, atendiendo a lo expuesto, Yurma ha ejecutado un modelo dual en su mente, una representación que esta vez atendió por una parte a la estructura celular y por otra a su comportamiento. El mapa conceptual elaborado por esta alumna es el siguiente:



Ante el examen de Lípidos (26-2-97) que hace Yurma nuevamente deducimos que rotó un modelo sólo estructural de la célula recurriendo en esta ocasión hasta con profusión a una abundante cantidad de conceptos organulares. Su célula en esta ocasión la expresó en los siguientes términos:

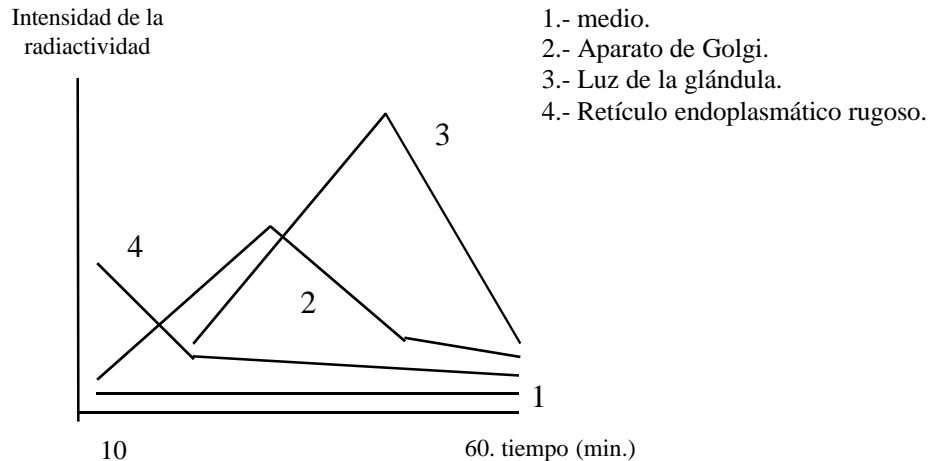
“Unidad biológica más pequeña capaz de realizar las funciones vitales. Por tanto, todo ser vivo como tal está formado por billones de células, las cuales a su vez están formadas por muchos orgánulos, diferentes según se trate del tipo de célula. Se suele decir que la célula eucarionta evolucionó de la célula procarionta, ya que ésta es mucho más simple que la eucarionta. Algunos ejemplos de célula procarionta, son las bacterias y otros ejemplos de célula eucarionta son las células animales y las células vegetales. Éstas se diferencian por la presencia de ciertos orgánulos en unas y en otras no y por los distintos procesos del metabolismo (anabolismo y catabolismo). Una célula está constituid(a) básicamente por una membrana, el citoplasma y un núcleo. La membrana es de gran importancia para la célula, ya que permite el paso de ciertas sustancias y la salida(s) de otras. También creo importante destacar la presencia de los principios inmediatos orgánicos e inorgánicos para realizar el metabolismo”.

Cierto es que aborda aspectos comportamentales (metabolismo) y estructurales, si bien se centra bastante más en esto últimos y, sobre todo, en los tipos de células. Pero resulta llamativa la última parte de la que se desprende que esos principios inmediatos no forman la célula, no constituyen su estructura; ¿es que son cosas distintas? ¿responden a una constitución diferente las moléculas que “actúan” y las moléculas que “hacen” a esa célula? Es evidente que no hay una comprensión global al respecto en la

mente de Yurma, en su modelo de célula, y, de hecho, no piensa en su funcionamiento, no lo entiende si atendemos a la forma de responder a la siguiente pregunta:

- Las caseínas son las proteínas más abundantes en la leche de los mamíferos. Se pueden cultivar fragmentos de tejidos de glándulas mamarias bien durante varias horas, conservando un aspecto morfológico y un funcionamiento normales. Se sitúa este cultivo durante tres minutos en un medio que cuenta con un aminoácido radiactivo : la leucina tritiada, y después, se vuelve a colocar en un medio no radiactivo.

Se retiran fragmentos de tejidos 3, 15, 25, 45 y 60 minutos después del comienzo del marcado ; se detecta radiactividad en diferentes estructuras celulares. La gráfica siguiente indica la evolución de la radiactividad detectada en estas estructuras.



- Estudiando los resultados de esta experiencia, reconstruye el tránsito de las moléculas radiactivas a través de las células secretoras.

“Supongo que en las células secretoras la radiactividad se encuentra en un término medio y puede variar un poco pero no mucho con el tiempo. Es decir, no ocurrirá en la luz de la glándula o en el medio, sino que tiende a estar estable”.

Su razonamiento es claramente limitado, su capacidad deductiva es significativamente insuficiente, no pudiendo establecer deducciones e inferencias que pongan en relación, por ejemplo, esos diferentes orgánulos, no viendo ni tan siquiera relaciones de continuidad no ya temporal sino espacial entre los mismos. Su célula incluso estructuralmente, y a pesar de la profusión conceptual comentada, es muy pobre. Al hacer el examen de Proteínas (14-3-97) Yurma parece ejecutar el mismo modelo y con las mismas características; cuando se le pide que dé cuenta de lo que le ocurriría a la estructura y al funcionamiento celular si no existieran los enzimas, nos encontramos incluso con cosas, contenidos, que no se han solicitado, amén de no referir nada a lo que es la estructura celular.

“Si no existieran los enzimas no se podrían efectuar la mayor parte de las reacciones que tienen lugar en la célula. Teniendo en cuenta que la actividad enzimática está relacionada con el pH, la temperatura, la concentración de sustrato, los activadores y los inhibidores ... , por tanto, de no existir éstos, las reacciones serían catástrofes o bien no tendrían lugar. A continuación voy a explicar la relación existente entre las enzimas y los conceptos anteriormente nombrados.

- El pH.- en los enzimas existen dos límites de pH, en los que los enzimas se encuentran en máxima eficacia. Una vez sobrepasados estos límites la actividad enzimática se ve paralizada.*

- *Concentración del sustrato.- al aumentar la concentración de sustrato, aumenta la velocidad de reacción. Pero si esta concentración es excesiva, la actividad enzimática se ve paralizada.*
- *Inhibidores.-“.*

Sus problemas de razonamiento biológico llegan a tal extremo que incluso es difícil entender algo de lo que expone cuando se le pregunta:

- “Como se sabe, la combustión de la madera o de la glucosa desprenden energía (que puede usarse para calentar un objeto o para iniciar otra reacción, ooo). Pero para iniciar la combustión de la glucosa hace falta la temperatura de una llama, unos 200 a 500 ° ; en cambio, nuestro cuerpo suele tener una temperatura de 36 °C. Por otra parte, si estuviera a 200 °C por ejemplo, no ardería sólo la glucosa sino ¡todo él !. Así pues, puesto que sabemos que al comer azúcar obtenemos energía, el problema al que nos enfrentamos es encontrar un “mecanismo” que pueda explicar cómo es posible la combustión de la glucosa dentro de nuestro organismo a 36 °C ?”. (Martínez Torregrosa, inédito).
- ¿Cómo crees que funcionan las células para resolver esto ?.
- Elabora una hipótesis que dé respuesta a los problemas planteados en el texto.
- Diseña o planifica una investigación que te permita contrastar tu hipótesis y que incluya, al menos, dos actividades.

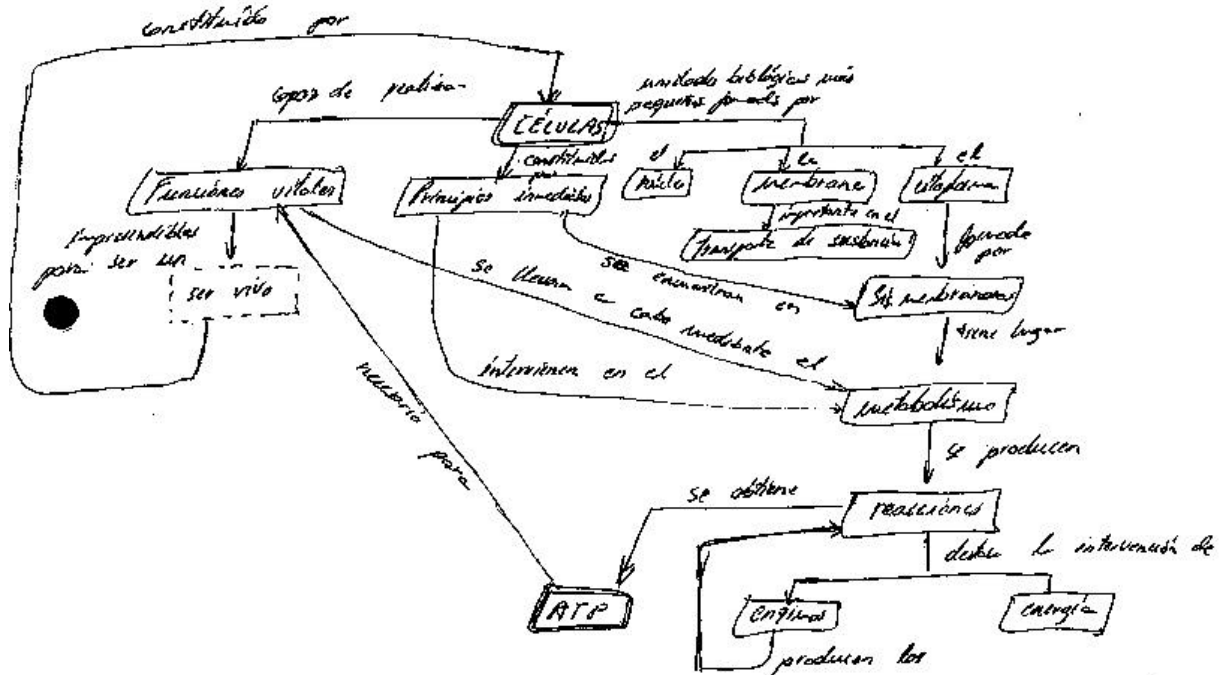
Su poder explicativo es, como se verá, limitadísimo, no mostrándose comprensión alguna de la actividad enzimática que se ha estudiado y, consecuentemente con ello, su capacidad predictiva es marcadamente insuficiente también, como muestra su forma de hacerle frente a la pregunta planteada. ¿Es posible llegar a otra conclusión al analizar lo que Yurma responde a la pregunta anterior? ¿Se entiende algo de lo que expresa en ella? ¿Se deriva de la misma comprensión de la actividad enzimática y de su papel en el comportamiento celular?

“Las células para resolver esto creo que deben estar muy organizadas e investigar la cantidad de glucosa que debe ser ingerida, de manera que un exceso de ésta pueda oca(s)ionar, dentro de la célula una elevación de temperatura. O también puede ocurrir que la glucosa al estar en contacto con las proteínas en exceso o escasez, produzca una alteración en la reacción y esto conlleva a la elevación de la temperatura en gran cantidad de las células pero no en todas.

Teniendo en cuenta que si la temperatura se eleva demac(s)iado, es porque hay intervención de ciertas sustancias que no actúan como deberían o que intervienen, por ejemplo, fuera de la membrana celular, es decir, en un lugar donde no les corresponde. Todo ello da lugar a que la reacción se vea paralizada y ello puede dar lugar a la combustión”.

El segundo mapa conceptual que se solicita (2-4-97), como se recordará, pretende que se exprese el conocimiento adquirido sobre la estructura y el funcionamiento de una célula pero en esta ocasión sólo con quince conceptos. Yurma incluye sólo catorce y manifiesta que tiene grandes dificultades para dar cuenta de la demanda planteada, observándose, de hecho, arbitrariedad en su selección (por ejemplo: “transporte de sustancias”) pero esta vez sus nexos son algo más explicativos; en todo caso, las proposiciones resultantes tienen o muestran poco significado biológico, cierto caos y, de hecho, no se lleva a cabo jerarquización alguna. El patrón de desarrollo sigue siendo similar al que vimos en el mapa conceptual anterior, delimitándose claramente dos partes: una estructural y otra metabólica pero al hacerlo ahora ha establecido conexiones que suponen un cierto avance con respecto al primero que hizo, como son, por una parte, la conexión entre principios inmediatos y sistemas membranosos ya que están

formados por ellos y, también, por otra, esos mismos principios inmediatos son los que intervienen en el metabolismo. Se deduce, pues, una tímida evolución de su representación celular con respecto a registros anteriores que parece algo más compleja

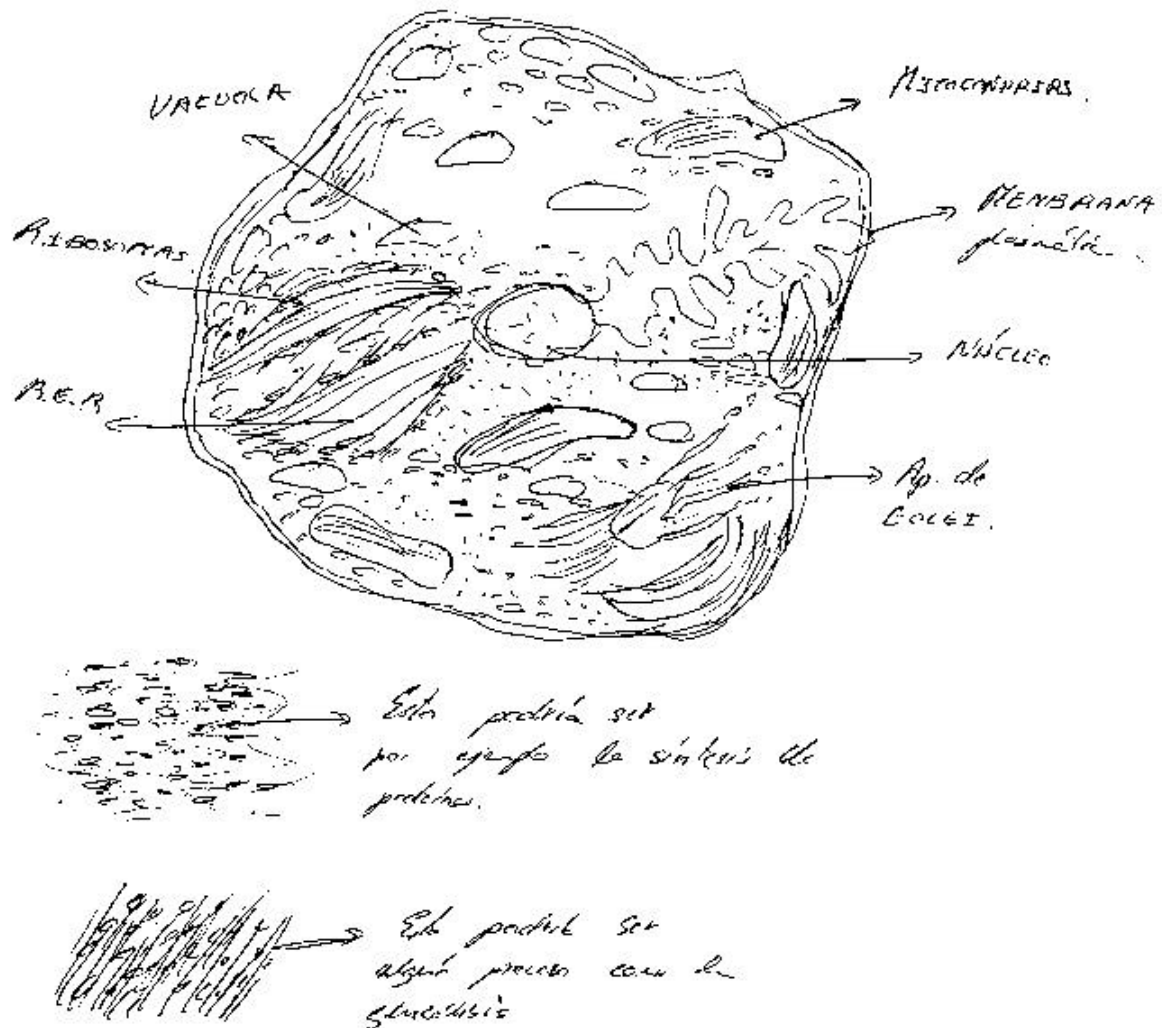


que la plasmada en los mismos. Se aportan tanto el mapa conceptual en sí como su explicación, como datos de su forma de exteriorizar esa concepción de célula que ha generado en su mente.

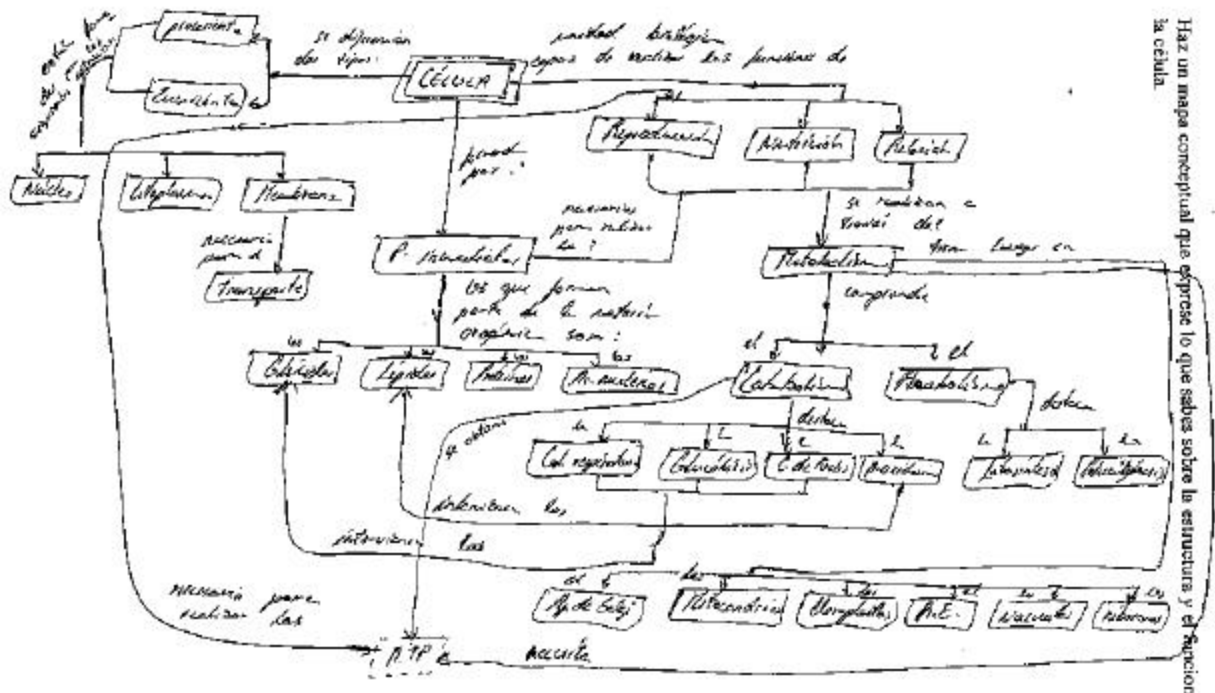
“En primer lugar quiero hacer (h)incapié en el doble recuadro de los conceptos célula y ATP. Esto lo he hecho para destacar la importancia que tienen los mismos. En mi opinión los dos tienen igual importancia, ya que uno sin el otro no son eficaces. Por otro lado, el concepto de ser vivo, lo he puesto en líneas discontinuas porque engloba todos los demás conceptos y por tanto, es para mi un concepto diferente y esto no quiere decir que sea de mayor o menor importancia. Por último, no he puesto los quince conceptos porque me ha parecido muy complicado seleccionar los que yo considero más importantes y además creo que para ello necesito más tiempo o quizás profundizar más en su estudio”.

¿Qué podemos decir del dibujo (16-5-97) que hace Yurma para reflejar esa estructura y ese funcionamiento de la unidad de la materia viva? ¿Cómo pensó en la célula en esta ocasión? Es un diseño que responde a los patrones habituales de los libros de texto en el que identifica algunos elementos organulares, cosa que no hacía cuando comenzó el curso y, extrañamente, hace dos pequeños dibujos por fuera de su célula con los que quiere reflejar, según dice, la síntesis de proteínas y la glucólisis, conceptos éstos que se refieren a procesos celulares, pero que Yurma no contempla, como decimos, dentro de su célula. Es un gráfico simple y estático en el que ella no puede plasmar ni con continuidad espacial ni con continuidad temporal (por ejemplo, con números) esos procesos porque, como ella misma dice: “son tan complejos que ni siquiera los comprendo muy bien”; Yurma no ha desarrollado comprensión sobre esa entidad celular, no la entiende porque no puede modelizar esa célula actuando, no puede representar su comportamiento, limitándose, entonces, a representar algunos elementos de su estructura. Y volvamos a esos procesos a los que recurre ¡pero desde fuera!; obsérvese bien su forma de representarlos gráficamente porque muestra, desde nuestro punto de vista, que efectivamente esta alumna no puede pensar en una cosa viva, dinámica, en acción, sino que la imagina, la piensa como algo estático, confuso, ambiguo, nada delimitado. ¿Cómo serán las reacciones químicas para esta joven? ¿Se

ven las moléculas que las llevan a cabo? ¿Qué diferencias hay entre uno y otro procesos de los dos que representa? Todas estas preguntas no son más que elementos para la reflexión sobre la forma entender, de conceptualizar, de representar la célula que sigue Yurma.



Su tercer mapa conceptual (19-5-97) responde a una selección conceptual bastante más adecuada y consistente con el contenido trabajado que los anteriores, un conjunto de conceptos que es abundante pero que en este momento Yurma relaciona y une con nexos nuevamente muy simples, exteriorizando una vez más poca significatividad en las proposiciones que establece; de hecho, no se observan relaciones estructura/función, no se localizan los procesos en sus estructuras correspondientes aun teniéndolo fácil por la disposición que les ha dado, no aprovechando, en suma, las muchas posibilidades que tiene de establecer relaciones cruzadas. Incluso se expresan algunos errores conceptuales biológicamente importantes (por ejemplo, células procariotas con núcleo – error que se ha repetido desde el principio de curso). Una simple visión global nos deja ver que esta estudiante piensa o bien en estructuras y en moléculas o bien en procesos y que, además, ni siquiera delimita bien estos dos aspectos o vertientes en dos partes, como hiciera anteriormente. Ese significado biológico escaso del producto que nos presenta esta alumna es un reflejo o muestra del sentido que para ella tienen los conceptos incluidos en la representación que ha generado para dar cuenta de lo que se le ha pedido, es decir, del mapa conceptual y de su explicación, como en ocasiones anteriores. El producto que esta joven nos ha entregado en esta ocasión es el siguiente:



En la interpretación que hace Yurma del símil que se le entrega para ver en qué medida y con qué acierto refleja la estructura y el funcionamiento celular (22-5-97), vemos frases muy librescas, muy típicas que no tienen hilo conductor claro, ¡no hay discurso!, sino que responden precisamente a eso, un conjunto de informaciones sueltas repetidas mecánicamente que manifiestan lo que hemos comentado como un funcionamiento-suma en el que no hay integración ni estructural ni funcional. Esta alumna ahora no sólo rotó una estructura, pues es capaz de elaborar una relación de orgánulos y comentar cuál es su papel biológico, también como relación o lista, lo que nos lleva a deducir que esta vez, ante esta demanda, Yurma puso en su mente un modelo dual de la entidad celular que representó para hacer la interpretación que se le solicitaba y que expone como sigue:

“Primeramente este dibujo refleja, a simple vista, que en la célula se producen distintos procesos. A continuación voy a intentar explicar estos procesos, teniendo en cuenta el orgánulo donde tienen lugar, en definitiva se explica el metabolismo de la célula. Comienzo diciendo que la célula se relaciona con el medio ambiente, es decir, capta distintos estímulos y posteriormente da respuestas. A veces responde por ejemplo, con movimientos, con secre(c)ión de sustancias, etc.

En la reproducción celular juega un importante papel el núcleo. En él se elabora el ADN y posteriormente se realiza la mitosis y meiosis, con sus respectivas fases. Por tanto, el ordenador refleja que hay una elaboración y transmisión de información, en este caso, información genética.

En cuanto (,) a la membrana, ésta es de gran importancia en el transporte de sustancias. Ésta deja entrar y salir a determinadas sustancias. Por tanto el camión que está cargado, y que parece ser que va a salir, indica que unas sustancias son transportadas.

En la mitocondria se produce un gran almacenamiento de sustancias, por eso, en el dibujo se refleja como una fábrica. En ésta se produce por ejemplo, el ciclo de Krebs.

En los ribosomas se produce la síntesis de proteínas, para ello se necesitan aminoácidos y otros elementos. En el dibujo, se refleja, como que los hombres llevan distintos objetos que posteriormente harán con ellos una síntesis.

Después hay distintos tipos de vacuolas, la digestiva y la de almacenamiento cada una de ellas hace su correspondiente función”.

Parecen justificadas con la lectura del dato anterior las deducciones e inferencias que hemos hecho sobre su modo de pensar al hacer la interpretación solicitada. El

cuestionario final (19-6-97) nos aporta también información sobre el modo de procesar y exteriorizar la idea de célula que Yurma ha construido. Nos permite, además, por ser el mismo que el pasado en octubre, comparar sus producciones y ver si hay alguna diferencia. Veamos cómo responde a lo siguiente.

- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?

“Para representar la célula, es imprescindible el estudio de los orgánulos y estructuras que la componen. También se ha de diferenciar el tipo de célula que vamos a tratar, dependiendo de esto, estará estructurada de una u otra forma y por tanto, su funcionamiento será distinto en base a la estructura.

Para hacer el dibujo, la mayor parte de nosotros tendemos a dibujarla de forma más o menos esférica, aunque realmente no sabemos exactamente cómo es. Pero si de algo estamos seguros, es de que plana no puede ser, porque si(no) no habría ninguna estructura y esto no es posible”.

Otra vez nos encontramos sólo texto y en él vemos que lo que más destaca Yurma es, precisamente, la estructura, toda su explicación gira en torno a la misma, haciendo recaer las posibles diferencias comportamentales también en dichas estructuras y orgánulos pero no estableciendo relaciones e interacciones en su respuesta. ¿Hay alguna diferencia con respecto a su explicación de principios de curso? No parece que haya muchas y, de hecho, hay un rasgo común –una idea muy estable- que caracteriza su representación: no es plana; pero no parece, a juzgar por esto, que esa representación se haya enriquecido significativamente mucho. Tampoco parece haber grandes diferencias en lo que al manejo de imágenes se refiere, no da la impresión de que Yurma use esas imágenes en sus razonamientos, de que se apoye en ellas, de que las tenga en su modelo; lo que sí usa es alguna analogía que es repetida de actividades de clase, pero que explica con cierta autonomía ante su imposibilidad de plasmar gráficamente el funcionamiento celular.

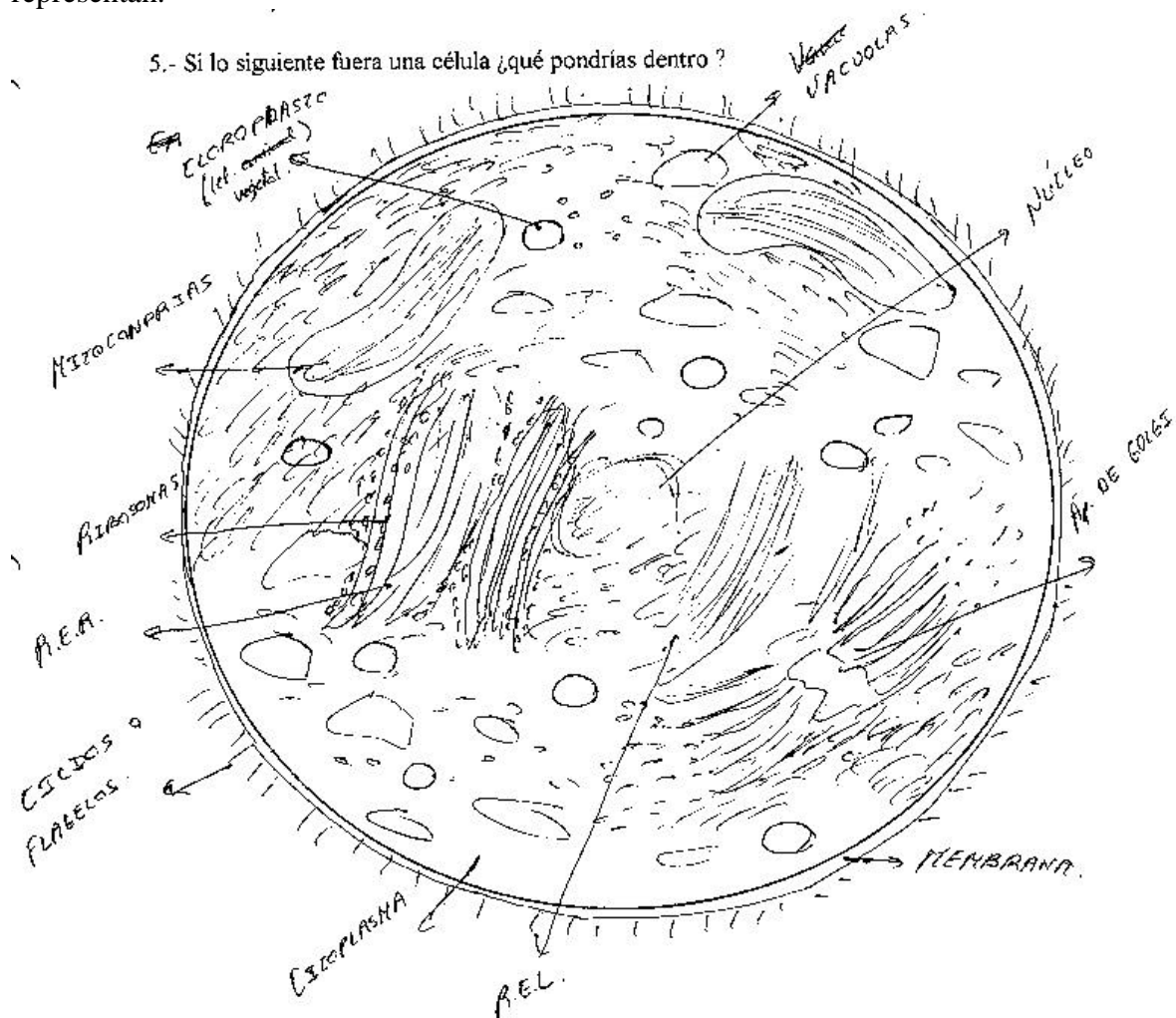
“Si tuviera que dibujar cómo funciona la célula haría algo así como una fábrica, es decir, habría(n) trabajadores y aparatos que están funcionando continuamente y que a veces necesita(n) de la ayuda de éstos. A cada máquina le corresponde un orgánulo y los trabajadores sería(n) distintos tipos de sustancias. Finalmente, creo que esta representación sería muy sencilla comparada al verdadero metabolismo celular ya que es algo tan complejo como la vida diaria, pero sí que sería bueno para tener al menos una base del funcionamiento celular”.

Pero en su célula-estructura hemos de admitir que ha habido incorporación significativa de información, de conceptos, una construcción que ahora le permite, como ya vimos en su dibujo anterior, identificar y delimitar diferentes orgánulos, no con grandes detalles, pero sí con algunos. Su célula de octubre era muchísimo más limitada que la que nos hace ahora. Como se ha observado en este cuestionario y en el inicial, Yurma no recurre a dibujos de modo natural ni siquiera cuando se le solicitan, lo que es un indicio, como decíamos, de que no trabaja mentalmente con imágenes, pero, además, tal como se ha mostrado en su momento, ante la pregunta:

- Si lo siguiente fuera una célula ¿qué pondrías dentro?

esta joven sólo fue capaz de poner como etiquetas algunas palabras que se referían fundamentalmente a moléculas, pero no fue capaz de delimitar las estructuras de los orgánulos y ni tan siquiera de nombrarlos; ahora nos encontramos ante la misma demanda con un producto diferente en la medida en que observamos que hay diferentes

elementos estructurales y que sus formas se asemejan a las de los orgánulos que representan.



Y si bien es cierto que trabaja mentalmente sobre todo con la estructura celular, su modelo mental tiene elementos que le permiten operar en el terreno del comportamiento, de la fisiología, con algunas ideas sueltas, pero ideas de dinamismo al fin y al cabo. Yurma no lleva a cabo integración y, de hecho, ya lo vimos en su interpretación del símil, pero ha generado poco a poco un modelo mental de célula que es mucho más rico y complejo en lo que a su estructura se refiere y para atender a su funcionamiento recurre a proposiciones sueltas, aisladas que, como es lógico, no le permiten desarrollar comprensión al respecto, no la dejan modelizar una célula en acción, pues no establece las conexiones, relaciones e interacciones necesarias y suficientes para ello. ¿Cómo cree ella en este momento que funciona esa célula? Su respuesta es el dato que nos permite hacer las deducciones precedentes.

“Para el estudio del funcionamiento de una célula, podemos tomar como base la realización de las tres funciones vitales. Primeramente, la función de relación. La célula capta una serie de estímulos y posteriormente les da respuesta. Algunas veces lo hace mediante el movimiento y otras veces de forma estática. En la función de reproducción, se producen dos procesos la mitosis y la meiosis. Antes de esto se produce una función con el ADN. También hay que tener en cuenta el tipo de reproducción, para la intervención de los gametos.

Por último, la nutrición celular. En los glúcidos, tiene lugar la glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria, la fosforilación, la fotosíntesis y la glucogénesis. Los últimos procesos son anabólicos (procesos constructivos) y los restantes son catabólicos (procesos

destructivos). Todos estos procesos se realizan en sus correspondientes orgánulos. Otro caso como lo son los lípidos, realizan la **b**-oxidación en la mitocondria, las proteínas realizan la síntesis proteica y para ello necesitan la presencia de enzimas específicos y por último, los ácidos nucleicos que intervienen principalmente en la reproducción, ya nombrados anteriormente.

Finalmente, todos estos procesos necesitan un gran aporte energético vital para poder funcionar”.

Vemos en lo anterior algunos rasgos que manifiestan la estabilidad, nuevamente, del modelo mental que ha ejecutado Yurma como, por ejemplo, su recurso otra vez a la idea de estímulo/respuesta; también puede observarse esa relación de procesos de la que hablábamos que, por lo que se ve, no es más que eso: una lista o relación que ya hiciera al interpretar el símil de la fábrica. ¿Qué nos aporta la entrevista que se le hace a esta joven al finalizar el curso (19-6-97)? Es curiosa por cuanto en varios momentos observamos evidencias que confirman que efectivamente lo que hemos ido infiriendo de su forma de procesar la información, de sus modelos, se demuestra. El primer párrafo que se selecciona exterioriza una célula en acción ¡pero en abstracto!, es decir, una célula que no tiene elementos concretos, no “ve” formas concretas, no identifica diferentes orgánulos. ¿Será como la primera célula gráfica que nos hizo, allá por octubre?

ML : ¿célula ?

Yurma : ..., ... ¿célula ?

ML : sí.

Yurma : ¡eeehhh !

ML : ¿qué imagen tienes en este momento en la mente ?

Yurma : ... algo impresionante porque hace un montón de cosas, es ... un rebujón enorme.

ML : un rebujón.

Yurma : pero que tiene orden.

ML : que tiene orden. A ver, descríbeme lo que estás viendo, descríbeme lo que estás viendo ; puedes coger de fuera a dentro, de dentro a fuera, tú ve describiéndome la imagen que tienes en este momento en la cabeza. ... ¿Qué imagen tienes ?

Yurma : que todo está en movimiento.

ML : ¡ah ! ves una imagen en movimiento.

Yurma : ¡mj !

ML : bien, a ver, sigue. ¿Qué cosas se están moviendo ? ¿qué es lo que ves moverse ?

Yurma : ¡mjmmj ! ..., ... yo qué sé, así un montón de sustancias y ... cosas.

ML : cosas que van de un lado a otro. ¿Cómo son ? a ver. ..., ..., ... ¿Tienen color ? ¿no tienen color ? ¿el movimiento es intenso ? ¿no es intenso ?

Yurma : ..., ... son un montón de cosas ¡mj ! con movimiento bastante rápido.

ML : sí.

Yurma : yyy ... pero no ve, no veo ningún color ni nada de formas.

ML : no ves formas concretas.

Yurma : no.

Y como no identifica formas concretas, no “ve” orgánulos o elementos específicos, Yurma tiene grandes problemas para identificar e interpretar una foto de microscopía electrónica que se parece a su modelo sólo porque tiene “un rebujón” dentro.

ML : ¿esto es una imagen ?

Yurma : ... sí.

ML : sí, esto es una imagen. ¿Esto qué representa ? es una imagen que representa algo.

Yurma : ¡mj ! [...]

ML : ¿qué representa ?

Yurma : ... algo de la célula podría ser, unaaa ... bueno, varias cosas de célula.

ML : varias cosas de la célula.

Yurma : *a lo mejor una célula en sí, no sé.*

ML : una célula en sí, no sabes. Tú crees que esto es una imagen, puede ser una imagen de la célula.

Yurma : ¡mj !

ML : sí. Y tú me dijiste antes que tenías una imagen de la célula.

Yurma : ... sí.

ML : sí, que tenía mucho movimiento, que no veías cosas muy claras.

Yurma : sí.

ML : ¿esto se parece a tu imagen de la célula ? Esta foto ¿se parece a tu imagen de la célula ?

Yurma : sí.

ML : ¿sí ? dime en qué se parece esto que estás viendo aquí a la imagen que tú me dijiste antes que tenías de la célula.

Yurma : ... *en que hay un montón deee ... un montón de cosas ... apretadas ¿no ? un montón de rebujón que realmente no se ve nada, bueno, yo por lo menos.*

ML : un montón de rebujón.

Yurma : [...] sí.

ML : un montón de cosas apretadas. En tu modelo también había cosas así tan apretadas.

Yurma : sí.

ML : tan empaquetadas, ¡ya ! ¿En qué más se parece ?

Yurma : ..., ..., ..., ..., ... *en que no hay ninguna formaaa ... yo qué sé, ..., ... no hay ninguna forma ... yo, todo sonnn ...,*

ML : te refieres a que no hay ninguna forma definida en tu modelo.

Yurma : *definida, sí.*

ML : claramente definida ; todo son ¿qué ? entonces.

Yurma : ..., ..., ..., ..., ... *rebujones ¡jejeje !*

ML : rebujones, ella insiste en rebujones. Vamos a ver, ¡mmm ! me has dicho en lo que se parece ; vamos a ver en qué se diferencian la imagen que tú tienes de esta imagen de la foto.

Yurma : ..., ...,

ML : ¿en qué se diferencian ?

Yurma : ..., ..., ..., ..., ... *en que por ejemplo aquí hay como ... un círculo y en el mío no, en la imagen que yooo ... tenía pues no, no.*

ML : en la imagen que tú tenías no hay un círculo como éste.

Su modelo sólo estructural es insuficiente, pobre, limitado en lo que a elementos se refiere y por eso, porque sólo es “un rebujón”, no puede identificar esa foto.

Yurma : ..., ..., ... *porque creo que eeen, en eeelll ... ¡tch ! la estructura que yo me he formado nooo, me parece que ..., que escasean ¿no ? algunos, algunas cosas.*

ML : en la estructura que tú te has formado.

Yurma : ¡mj !

ML : escasean algunas cosas, es decir, ... ¿eso sería lo mismo que decir que tú has simplificado tu modelo de la célula ?

Yurma : ... sí.

Y es que un poco más adelante, Yurma nos confiesa que ella ha simplificado su modelo. La idea que se le ha quedado de célula es la del dibujo, ¡o sea!, una estructura que muchas veces los libros representan con extrema simplicidad, pero eso no da cuenta de su forma de actuar que es, precisamente, lo que la caracteriza como unidad de vida; de funcionamiento esta alumna no tiene un modelo, sólo ideas sueltas que son las que vimos en su forma de explicarlo en el cuestionario final, una relación de cosas que reflejan el conjunto de procesos que esa célula lleva a cabo pero que en la mente de Yurma no son más que las etiquetas de los nombres que los mismos reciben.

Yurma : *pero, por lo general, la idea que se te queda es la del dibujo.*

ML : la que se te queda es la del dibujo, bien ; ¡aaahhh ! sss tú me has dicho que has aplicado, has aplicado para identificar elementos de esta foto tu propio modelo de la estructura de la célula. ¿Tienes un modelo del funcionamiento de la célula ? ..., ... Lo mismo que me estabas antes diciendo que tienes un modelo de estructura que es muy complejo, que es muy denso, que tal, que cual, tienes un modelo de estructura que aplicas para esto. ¿Tienes un modelo de funcionamiento ?

Yurma : no.

ML : no. ¿No lo tienes o es el mismo modelo ?

Yurma : ..., ..., ...,

ML : no tienes un modelo que te permita explicar cómo funciona una célula.

Yurma : ... no [...]

ML : no, ¿pero sabes algunas cosas de cómo funciona una célula ?

Yurma : ... sí.

Su percepción del conocimiento construido sobre la célula también confirma que es la estructura lo que ella más ha desarrollado.

Yurma : ... perooo he avanzado un montón en estructuras en ... todo lo que ... la estructura cómo está formada, son un montón de cosas ; yo sinceramente pues ... también, también he avanzado.

ML : ¿pero has incorporado más información sobre la estructura o, o has reorganizado más información sobre la estructura o sobre el funcionamiento ?

Yurma : ... he trabajado más el funcionamiento ... pero más [...] bueno, será porque es más sencillo, la estructura.

Idea que repite en los minutos finales de su entrevista, lo que confirma nuestras deducciones al analizar sus producciones y verbalizaciones; su estudio nos permitió anticipar como modelo mental sobre su modo de pensar acerca de la célula que Yurma ha generado a lo largo del curso un modelo mental, una representación celular que sólo da cuenta de su estructura, una estructura, una cosa que ha enriquecido en lo que a elementos se refiere y que para ella es más compleja. Y en lo relativo a comportamiento, también ha desarrollado la concepción de complejidad, pero sin comprensión alguna al respecto, operando sólo en este terreno a nivel de proposiciones aisladas que no guardan conexión y que, consecuentemente, no la dotan de poder ni explicativo ni predictivo. Solamente en ocasiones puntuales Yurma ejecutó un modelo dual, pero si hemos de caracterizar su modo de pensar la célula a lo largo del curso y al final del mismo, parece probado que ese modelo es A o sólo estructural.