

EL GRADO DE DIFICULTAD DE  
DIVERSOS CONCEPTOS BIOLÓGICOS  
Y GEOLÓGICOS EN EL  
BACHILLERATO Y EN LA  
UNIVERSIDAD.

---

THE DEGREE OF DIFFICULTY OF  
VARIOUS BIOLOGICAL AND  
GEOLOGICAL CONCEPTS IN THE  
HIGH SCHOOL AND IN THE  
UNIVERSITY.

Trabajo de Fin de Grado  
SHAILA VERONA RODRÍGUEZ

Tutorizado por Ricardo Guillermo Álvarez (Profesor Titular de Universidad, Departamento de Química Orgánica) y Antonio Eff-Darwich Peña (Profesor Contratado Doctor, Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Departamento de Didácticas Específicas, ULL).

GRADO EN BIOLOGÍA  
SEPTIEMBRE 2018

## ÍNDICE

Resumen / Abstract (pág. 3).

Introducción (pág. 4).

Objetivos (pág. 7).

Metodología (pág. 8).

Resultados y discusión (pág. 13).

Conclusión (pág. 22).

Bibliografía (pág. 23).

Agradecimientos (pág. 24).

Anexo 1 (pág. 26).

Anexo 2 (pág. 27).

Anexo 3 (pág. 30).

## 1. RESUMEN:

Con el presente estudio preliminar he tratado de identificar el grado de dificultad (intrínseco y percibido) de quince conceptos fundamentales del ámbito de la Biología (concretamente de la Bioquímica) y de otros tantos del ámbito de la Geología. Tales conceptos se explican, con distinto nivel de complejidad, tanto en el último curso del Bachillerato como en los Grados Universitarios en los que se imparten las enseñanzas de dichas disciplinas. He desarrollado una metodología de trabajo basada en dos tipos de encuestas; una destinada al profesorado de Bachillerato y otra al alumnado universitario. Hice veintisiete encuestas al profesorado de Bachillerato y ciento noventa y dos al alumnado universitario. El análisis de los resultados me ha permitido, en una primera aproximación, identificar el grado de dificultad de los treinta conceptos seleccionados.

## ABSTRACT

In this preliminary study I attempted to identify the degree of difficulty (intrinsic and perceived) of fifteen fundamental concepts within the field of Biology (in particular Biochemistry) and fifteen within the field of Geology. These concepts are explained, with different levels of complexity, both in the last year of High School and in undergraduate degrees where these disciplines are taught. I have developed a working methodology based on two types of surveys; one targeted to High School teachers and another one to undergraduate students. I surveyed nearly 30 High School teachers and nearly two hundred undergraduate students. The analysis of the results has allowed me, in a first approximation, to identify the degree of difficulty of the thirty selected concepts.

## 2. INTRODUCCIÓN:

Con este Trabajo de Fin de Grado (TFG) pretendo tratar de conocer el grado de dificultad (intrínseco y percibido) de diversos conceptos biológicos y geológicos y también aproximarme, mediante las opiniones del profesorado de Bachillerato, a un viejo problema bien conocido por todos, pero pocas veces resuelto satisfactoriamente: la evidente desconexión entre los conceptos estudiados en el Bachillerato y los estudiados en los distintos Grados Universitarios. Esta desconexión, que afecta a todas las disciplinas, me preocupa especialmente en los ámbitos de la Biología y la Geología, y por ello ha sido también objeto de este trabajo.

Pero antes de explicar en esta introducción los contenidos del TFG considero necesario justificar la elección del tema que se somete a la consideración del Tribunal. La adjudicación del tema surge de mi vocación específica, manifestada a mis tutores y a otros profesores, en relación con una de las funciones que pueden desempeñar los profesionales de la Biología: la enseñanza de dicha disciplina en cualquier nivel educativo, y especialmente en el Bachillerato. El ejercicio de esta función, conviene no olvidarlo, es uno de los mayoritarios en lo que se refiere a las salidas profesionales de los Graduados en Biología, y antes de los Licenciados en Biología.

Pese a ello, parece haber una contradicción entre el mundo profesional, en el que se observa que la enseñanza en el Bachillerato es una de las principales salidas profesionales del biólogo, y el mundo universitario en lo relativo a la realización de los TFG, en el que el interés hacia dicha salida profesional fundamental queda prácticamente descartado por el alumnado en lo que se refiere a la elección de los temas objeto de su TFG.

En este sentido, es importante revisar un documento clave titulado “Relación de propuestas de TFG con alumnado preasignado”, correspondiente al Grado en Biología, actualizado el 24 de abril de 2018 y publicado en la página de la Sección de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Laguna (ULL). En dicho documento se advierte que hay setenta y dos TFG preasignados, de los que cincuenta y siete tienen carácter de investigación experimental y quince lo son de investigación teórica, incluyendo revisiones bibliográficas. Todos, salvo el presente TFG (uno de los quince de investigación teórica), están dedicados a la investigación, ya sea experimental o

teórica, de asuntos de especial relevancia e interés en el ámbito de la investigación biológica. Sólo éste está dedicado a la investigación en relación con la enseñanza de la Biología y la Geología: ¡uno de setenta y dos!

Está fuera de duda que la elección del tema del TFG por parte del alumnado es una decisión muy respetable y muy personal, y no es mi intención cuestionarla, pero sí quiero hacer notar lo que yo entiendo como algo chocante, porque no se encuentra en consonancia con el peso específico de la salida profesional de la enseñanza de la Biología.

Me parece también muy importante justificar la introducción de diversos conceptos geológicos en un TFG de la Sección de Biología de la Facultad de Ciencias de la ULL. Dado que mi vocación es la enseñanza en el Bachillerato, y dado que una buena parte de los doctores, licenciados o graduados en Biología que imparten docencia en el Bachillerato en muchas ocasiones también imparten asignaturas de Geología o relacionadas con ella, considero pertinente la introducción de tales conceptos, cuya elección se explica más abajo.

Con el presente TFG he tratado de aproximarme a la docencia en el Bachillerato en general, y a la docencia de las asignaturas de Biología y de Geología en ese nivel educativo en particular. He pretendido contribuir a identificar cuáles de los conceptos fundamentales de Biología y Geología explicados en el Bachillerato tienen una mayor complejidad, intrínseca y percibida, para el profesorado de Bachillerato y para el alumnado de algunos Grados Universitarios. Para ello elegí y definí los quince conceptos que considero más relevantes del ámbito de la Biología del Bachillerato, así como los quince que considero más relevantes del ámbito de la Geología. En todos los casos eran conceptos fundamentales. En el caso de la Biología tal elección estuvo claramente orientada hacia conceptos del ámbito de la Bioquímica y la Biología Molecular, pues así es la Biología impartida en el segundo curso del Bachillerato: básicamente Bioquímica y Biología Molecular.

Se puede confirmar mi anterior afirmación eligiendo al azar uno cualquiera de los libros empleados por el profesorado de Biología de Bachillerato. Así lo hice yo con uno de esos libros, *Biología de 2º de Bachillerato*, de la editorial Oxford Educación, publicado

en 2016 (Sanz Esteban, M; Serrano Barbero, S. y Torralba Redondo, B., 2016). Dicho libro tiene veinticuatro capítulos y dedica catorce a ocuparse estrictamente de Bioquímica y Biología Molecular. Otros cinco temas están dedicados a la Microbiología, una disciplina que tiene, cada vez más, unas fronteras más que difusas con la Bioquímica y la Biología Molecular. Y otros cinco temas pertenecen al ámbito de la Citología, una disciplina para cuya correcta explicación es necesario recurrir en muchas ocasiones a conceptos bioquímicos.

Elegidos y definidos los conceptos se procedió a la elaboración de una carta de presentación ante el profesorado de Bachillerato escrita por los coordinadores del trabajo, y al diseño de dos encuestas, una dirigida al profesorado de bachillerato y otra al alumnado de distintos Grados Universitarios de la ULL (Anexos nº 1, 2 y 3).

Una de las encuestas estuvo dirigida al profesorado encargado de la impartición de las asignaturas de Biología y de Ciencias de la Tierra y Medioambientales, ambas del segundo curso de Bachillerato. En dicha encuesta, que se explicará con detalle en los siguientes apartados, se preguntó al profesorado de dieciséis Institutos de Bachillerato de Canarias, docentes de Biología y de Geología, acerca de la dificultad intrínseca de los quince + quince conceptos elegidos, así como acerca de la dificultad percibida por los alumnos (según el profesorado). Con objeto de tener una muestra de las áreas metropolitanas del archipiélago se eligieron ocho Institutos de Bachillerato en la zona de Santa Cruz de Tenerife – San Cristóbal de La Laguna y otros ocho en la zona Las Palmas de Gran Canaria – Telde. Se hicieron veintisiete encuestas entre el profesorado. Fue una tarea laboriosa que implicó la realización de diversos viajes, pero muy instructiva porque me permitió aprender muchos aspectos del funcionamiento docente y de gestión de dieciséis Institutos de Bachillerato del archipiélago.

La otra encuesta estuvo dirigida al alumnado de cinco Grados Universitarios de la ULL en los que se imparten las asignaturas de Bioquímica y de Geología. En estas encuestas se preguntó al alumnado acerca de diversos asuntos, entre ellos el grado de dificultad percibido en los conceptos de Bioquímica y de Geología. Se hicieron ciento noventa y dos encuestas entre el alumnado universitario.

Al comienzo del TFG, con objeto de indagar acerca de la posible existencia de trabajos similares, hice una revisión bibliográfica centrada en lo publicado en los diez últimos años en la revista de referencia en España en estos temas: *Enseñanza de las Ciencias*. Esta revista se publica desde el año 1983 y “está dirigida a profesores e investigadores del campo de la didáctica de las ciencias y de las Matemáticas” ( <https://ensciencias.uab.es/> ). Se trata de una revista indexada en diversas bases de datos, entre ellas las más importantes, y cuenta con el sello de calidad de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

No encontré ningún artículo relacionado con el objeto de mi TFG, pero sí algunos en los que se incidía en la utilidad, desde el punto de vista metodológico, de contar con la opinión del profesorado y del alumnado para identificar problemas y buscar soluciones en la docencia en el Bachillerato, tal como defiende en este TFG mediante la utilización de encuestas (Gómez Chacón, I. M., 2010 y Banet Hernández, E., 2010).

Me parece muy importante destacar que, al no disponer de una cantidad suficiente de encuestas, este trabajo es sólo una primera aproximación a este campo de estudio (la distinta percepción de conceptos fundamentales en el Bachillerato y en la Universidad). En este sentido, aunque se han desarrollado herramientas estadísticas para este trabajo, los resultados obtenidos son muy conservadores.

Es mi intención, y la de los coordinadores de este TFG, profundizar en el análisis de los conceptos fundamentales del ámbito de la Biología y la Geología impartidos tanto en el Bachillerato como en la Universidad, tratando de averiguar a qué se debe la desconexión observada entre ambos niveles educativos.

### 3. OBJETIVOS:

El objetivo principal de este trabajo consiste en analizar el grado de dificultad de una serie de conceptos biológicos y geológicos en el Bachillerato y en ciertos Grados universitarios que imparten las materias de Bioquímica y Geología. Este objetivo se pretende alcanzar mediante la consecución de una serie de objetivos específicos:

- i) Identificar los conceptos con mayor grado de dificultad intrínseca según el profesorado de Bachillerato.
- ii) Identificar qué conceptos son más difíciles de comprender por los alumnos de Bachillerato, según sus profesores.
- iii) Identificar qué conceptos son más difíciles de comprender por los alumnos de Grado.
- iv) Correlacionar los resultados obtenidos para los objetivos i), ii) y iii).
- v) Ofrecer soluciones a las deficiencias que se encuentren tras alcanzar el objetivo iv)

#### 4. METODOLOGÍA:

Para comenzar con este trabajo se seleccionaron 15 conceptos del bloque de Bioquímica de la asignatura de Biología y otros 15 conceptos de la asignatura de Geología impartidas en 2º de Bachillerato de Ciencias. Estos conceptos fueron seleccionados a partir de los currículos descritos por la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias, concretamente en los estándares de aprendizajes evaluables de los mismos, citados en el BOE (nº 3, sábado 3 de enero de 2015), Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Los conceptos seleccionados fueron los siguientes:

En el área de Bioquímica se seleccionaron los siguientes conceptos, consultados en diversos libros de referencia (Stryer, L., Berg, J.M., y Tymoczko, J.L., 2013; Nelson, D. L. y Cox, M. M., 2005., y Scott, T. y Eagleson, M., 1988).

- 01. Vitaminas en el metabolismo.
- 02. Coenzimas en el metabolismo.
- 03. Enzimas.
- 04. El centro activo como lugar físico.

05. Saturación por el sustrato.
06. Metabolitos clave en el metabolismo.
07. Compartimentación celular y Bioquímica.
08. Catabolismo.
09. Anabolismo.
10. Rutas metabólicas. Interconexiones.
11. Rutas anfibólicas.
12. Síntesis del ATP.
13. Integración del metabolismo.
14. Enfermedades metabólicas.
15. Electroforesis.

En el área de Geología se seleccionaron los siguientes conceptos, consultados en diversos libros de referencia (Anguita, F., 1988 y Schmincke, H., 2004).

01. Clasificación de minerales, rocas y fósiles.
02. Estructura de la atmósfera.
03. Clasificación e interpretación del clima.
04. Estructura de la hidrosfera.
05. El agua en Canarias.
06. Interpretación de las formas del relieve terrestre.
07. Interpretación de las formas del relieve canario.
08. Relación de la tectónica de placas con la distribución global de volcanes y terremotos.
09. Relación de la tectónica de placas con el relieve terrestre.
10. Relación de la tectónica de placas con la clasificación de rocas y minerales.
11. Relación de la tectónica de placas con la estructura interna de la Tierra.
12. Relación entre estratigrafía, fósiles y la determinación del tiempo geológico.
13. Riesgo y peligrosidad. Análisis de los tipos de riesgos geológicos de Canarias.
14. Uso industrial de los recursos geológicos del planeta.
15. Cartografía, interpretación de mapas.

Una vez seleccionados dichos conceptos, se procedió a la selección de los institutos. Para ello, se creó una lista en la que se incluían todos los institutos públicos distribuidos en los municipios del área metropolitana de las islas capitalinas, en concreto, Santa Cruz de Tenerife y San Cristóbal de La Laguna pertenecientes a la isla de Tenerife, y Las Palmas de Gran Canaria y Telde pertenecientes a la isla de Gran Canaria. A continuación, se eligieron de manera azarosa 4 institutos de cada ciudad, generando un total de 16 institutos.

Los institutos seleccionados fueron los siguientes:

Santa Cruz de Tenerife:

- IES Teobaldo Power.
- IES El Chapatal.
- IES Ofra.
- IES Tomás de Iriarte.

San Cristóbal de La Laguna:

- IES Canarias Cabrera Pinto.
- IES Domingo Pérez Minik.
- IES San Benito.
- IES La Laboral de La Laguna.

Las Palmas de Gran Canaria:

- IES Feria del Atlántico.
- IES Siete Palmas.
- IES Isabel de España.
- IES Vega de San José.

Telde:

- IES José Arencibia Gil.
- IES Lomo de la Herradura.
- IES José Frugoni Pérez.
- IES Guillermina Brito.

A continuación se preparó una encuesta destinada al profesorado titular de las asignaturas de Biología y Geología o, en su defecto, Ciencias de la Tierra y Medioambientales de 2º de Bachillerato de Ciencias, que impartieron dichas asignaturas en el curso 2016/17 o en el curso actual.

La encuesta estaba compuesta por una serie de preguntas sobre el profesorado, en las que se le preguntaba por su nombre, tipo de contrato, tipo de estudios realizados, asignaturas que imparte en el presente curso y desde qué año imparte clases en el Bachillerato. Seguidamente se pasaba a una serie de preguntas acerca de su centro, en el que se cuestionaban una serie de aspectos ligados al nivel socioeconómico del alumnado y sobre el buen funcionamiento del aula, centrándonos en la existencia o no conflictividad. Se continuaba preguntando al profesorado sobre los libros empleados en las asignaturas a estudio, y en caso negativo se preguntaba acerca del tipo de metodología de aprendizaje utilizada. Por último, la encuesta se centraba en los conceptos elegidos; para ello el profesorado tenía a su disposición una lista con los quince conceptos de ambas materias, los cuales debía ordenar de mayor a menor dificultad intrínseca según su criterio y según la dificultad observada para el alumnado. Por otro lado, se preguntaba al profesorado si según su criterio consideraba que dichos conceptos se estudiaban suficientemente, en caso de respuesta negativa, el profesorado debía ordenar dichos conceptos de mayor a menor empezando por el más estudiado hasta llegar al menos estudiado. La última pregunta se refería a si consideraba necesarios otros conceptos en la docencia de las asignaturas consideradas. Para finalizar se pedía al profesorado una breve opinión acerca de la encuesta y todo aquello que pudiese mejorar la docencia de los conceptos seleccionados de la Biología y de la Geología.

Antes de pasar la encuesta, se debía llamar o visitar a los institutos seleccionados y explicar el objetivo del trabajo al Director/a o Jefe/a de Estudios del centro, una vez la directiva diese el visto bueno, se le hacía llegar una carta de presentación en relación con el TFG por medio los coordinadores. A través de la carta, se establecía una cita personal donde se explicaba al profesorado de las asignaturas de Biología y Geología en que consistía el trabajo y la función de la encuesta. Tras esto se les dejaba un tiempo prudencial para contestarla y los resultados fueron recogidos de forma personal o vía correo electrónico.

Al mismo tiempo se consideró que era importante y necesario conocer la opinión de los alumnos universitarios. Para ello se realizó una encuesta similar a la anterior en la que se les preguntaba el tipo de recursos que empleaban a la hora de estudiar las asignaturas de Bioquímica y Geología en sus respectivos Grados, y se les pedía que ordenasen los mismos conceptos que se habían seleccionado previamente y que a su vez también se explican en la universidad, de mayor a menor dificultad intrínseca, según su criterio. Por otro lado, dependiendo de si en su opinión dichos conceptos no se estudiasen de forma suficiente en el Grado, se les pedía que los ordenasen comenzando por el más estudiado y terminando por el menos estudiado. Las respuestas a estas encuestas eran voluntarias y anónimas.

Estas encuestas fueron pasadas por los siguientes Grados de la Universidad de La Laguna:

- Área de Bioquímica:
  - Grado en Biología.
  - Grado en Química.
- Área de Geología:
  - Grado en Biología.
  - Grado en Ciencias Ambientales.
  - Grado en Ingeniería Civil.

Una vez recopiladas todas las encuestas, tanto de los docentes como del alumnado, se procedió al análisis estadístico de los datos. Para ello se utilizó el programa informático Microsoft Excel versión 16.15, incluido en el paquete informático Microsoft Office.

Se utilizó una hoja de Excel por cada grupo de personas encuestadas, y en cada hoja había una tabla por pregunta. Para ello se creó una serie de tablas de 18 x 16 cuadros en las que se incluyeron en las columnas los quince conceptos a ordenar y en las líneas las quince posiciones posibles, siendo la primera posición la de mayor dificultad y la última la de menor dificultad. Una vez hechas las tablas se volcaron todos los datos siguiendo estrictamente el orden impuesto por los encuestados. Tras esto se procedió a analizar los resultados que mostraban estas tablas.

## 5. RESULTADOS:

La realización de encuestas en el entorno educativo suele ser tediosa y lenta debido, por una parte, a la carga de trabajo del profesorado, y por otra al desinterés que suelen mostrar los alumnos. En el caso de las encuestas realizadas en este trabajo, la población alcanzada es limitada, pero permite poner a prueba la metodología ideada y sugerir mejoras para futuros trabajos en esta línea. En total, respondieron a la encuesta ciento noventa y dos alumnos de Grado y veinticuatro profesores de IES (ver Tabla 1). De los dieciséis IES programados y confirmados para este trabajo, participaron finalmente quince. La distribución de la población encuestada no es nada homogénea, por lo que el efecto del tamaño de la muestra puede ser notable, de ahí que se haya sido muy conservador con las conclusiones que se puedan extraer de los datos.

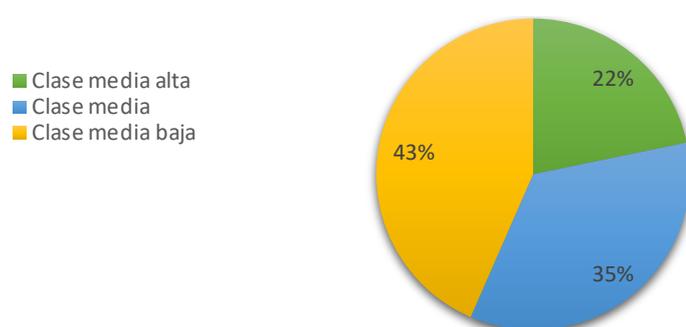
	<b>Número de participantes</b>
<b>Profesorado IES Biología</b>	<b>17</b>
<b>Profesorado IES Geología</b>	<b>10</b>
<b>Alumnado 1º Grado en Ingeniería Civil</b>	<b>14</b>
<b>Alumnado 1º Grado en Ciencias Ambientales</b>	<b>13</b>
<b>Alumnado 1º Grado en Biología</b>	<b>64</b>
<b>Alumnado 2º Grado en Biología</b>	<b>80</b>
<b>Alumnado 1º Grado en Química</b>	<b>21</b>

*Tabla 1: Distribución de la población alcanzada durante la realización de las encuestas.*

En el caso de los profesores de IES, se observa una disparidad en el número de encuestas obtenidas en las dos áreas estudiadas. En el área de Bioquímica se obtuvieron 17 encuestas, mientras que en el área de Geología se obtuvieron 10. Esta diferencia se debe a que la asignatura de Geología en segundo de Bachillerato es optativa para el alumnado, por lo que se imparte en pocos IES. Este dato es preocupante, ya que según se ha observado en las opiniones de los profesores de dicha área, los conceptos

impartidos en esta asignatura son muy importantes a la hora de enfocar con un nivel adecuado una carrera de ciencias.

A fin de tener una idea globalizada del entorno educativo donde se llevaron a cabo las encuestas al profesorado de IES, cabe señalar que todos ellos, menos uno (interino) son funcionarios. Todo el profesorado confirma que no existe conflictividad en las aulas de las asignaturas que se analizan en este trabajo. Este es un aspecto positivo, en particular al observar el nivel socioeconómico de medio a medio-bajo) que el profesorado considera que tiene el alumnado de su centro (ver figura 1).



*Figura 1: Distribución del nivel socio-económico de procedencia del alumnado, en opinión del profesorado.*

La mayoría de los centros no emplean libros de texto para impartir sus clases (Tabla 2). En su defecto, los profesores han comentado que utilizan apuntes de elaboración propia basados en libros de texto, internet, enciclopedias y guías de contenido EBAU.

<b>¿Utiliza libro de texto?</b>	<b>SI (%)</b>	<b>NO (%)</b>
<b>Biología de 2º de Bachillerato</b>	<b>35</b>	<b>65</b>
<b>Geología de 2º de Bachillerato</b>	<b>45</b>	<b>55</b>

*Tabla 2: Distribución de la población alcanzada durante la realización de las encuestas.*

En cuanto a los centros que sí emplean libros de texto para impartir las materias, los más usados son:

- Biología 2º Bachillerato Savia 2016. Editorial SM.
- Biología 2º Bachillerato. Editorial Santillana.
- Geología 2º Bachillerato. Editorial Edelvives.
- Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Editorial Mc Graw Hill.

A la hora de analizar los resultados de las encuestas al profesorado de los IES, que se refieren a la percepción intrínseca de dificultad y de nivel de dificultad para el alumnado de los conceptos de Bioquímica y Geología, se optó por calcular un nivel promedio de dificultad para cada concepto, así como la desviación estándar (dispersión) sobre ese nivel promedio. Para cada concepto, cada profesor asignaba un nivel de dificultad. El nivel promedio se obtuvo como la media de los valores asignados por cada profesor. Se consideró que la máxima dificultad corresponde a un valor de 15 y el de mínima a un valor de 1.

Para el caso de la Bioquímica (ver figuras 2 y 3), se aprecia que los niveles de dispersión para todas las preguntas son similares, lo que confirma que todo el profesorado coincide a la hora de valorar las dificultades intrínsecas de los conceptos y las que van a experimentar los alumnos. Hay tres conceptos, los etiquetados como 10 (rutas metabólicas), 11 (rutas anfibólicas) y 13 (integración del metabolismo), que presentan un nivel de dificultad estadísticamente muy significativo, tanto en el nivel de dificultad intrínseca como el que puedan experimentar los alumnos.

Es también destacable que los conceptos 14 y 15, no tienen relevancia estadística, al tener una elevadísima dispersión, fruto de las pocas respuestas que se dieron a esas preguntas. El profesorado comenta en las encuestas que esos conceptos son difícilmente abarcables debido a la falta de tiempo.

Por último, puede verse que hay una correlación evidente entre los resultados mostrados en las figuras 2 y 3 ( $r=0.91$  en test de Pearson), lo que significa que el profesorado detecta mayor dificultad en la comprensión por parte de los alumnos en aquellos conceptos que ellos mismos consideran más dificultosos.

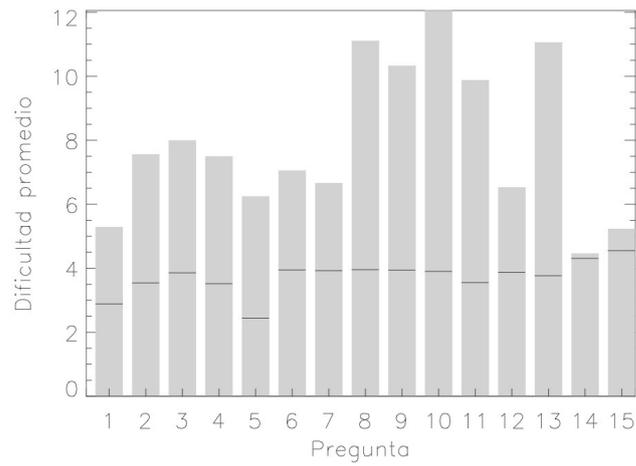


Figura 2: Diagrama de barras relativo a la distribución del nivel de dificultad intrínseco promedio de los 15 conceptos (preguntas) de Bioquímica. Las líneas horizontales indican la desviación estándar para el valor promedio.

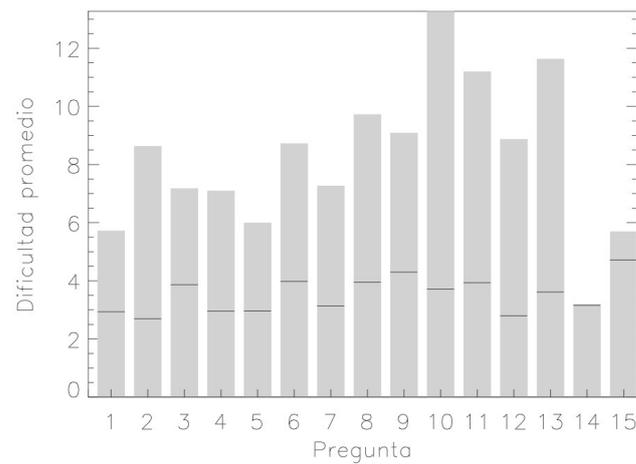


Figura 3: Diagrama de barras relativo a la distribución del nivel de dificultad promedio para el alumnado de los 15 conceptos (preguntas) de Bioquímica.

Respecto a los conceptos de Geología (ver figuras 4 y 5), se llevó a cabo un análisis análogo al realizado con los resultados de los profesores de Biología. En este caso, hay tres conceptos, los etiquetados como 1 (clasificación de minerales, rocas y fósiles), 3 (clasificación e interpretación del clima) y 10 (relación tectónica de placas con la clasificación de rocas y minerales), que presentan un nivel de dificultad estadísticamente muy significativo, tanto en el nivel de dificultad intrínseca como el que puedan experimentar los alumnos.

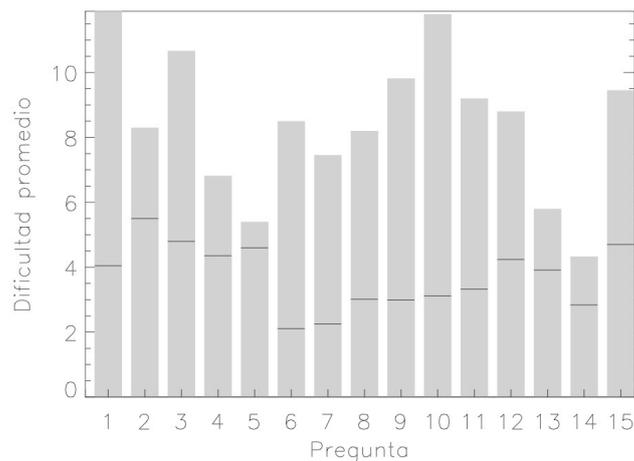


Figura 4: Diagrama de barras relativo a la distribución del nivel de dificultad intrínseco promedio de los 15 conceptos (preguntas) de Geología.

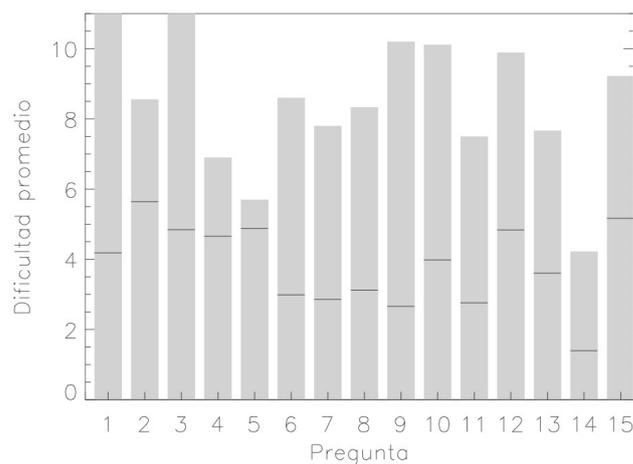


Figura 5: Diagrama de barras relativo a la distribución del nivel de dificultad promedio para el alumnado de los 15 conceptos (preguntas) de Geología.

Al igual que en el caso de la Bioquímica, hay una correlación evidente entre los resultados mostrados en las figuras 4 y 5 ( $r=0.9$  en test de Pearson), lo que significa que el profesorado encuentra mayor dificultad en la comprensión por parte de los alumnos en aquellos conceptos que ellos mismos consideran más dificultosos.

Los profesores de IES comentan en las encuestas, y de manera unánime, que no disponen del tiempo suficiente para explicar convenientemente todos los conceptos presentes en el currículo. La celebración a final del curso de la Evaluación de Bachillerato para el Acceso a la Universidad (EBAU), resta tiempo y conlleva la poca profundización en la asimilación de los conceptos.

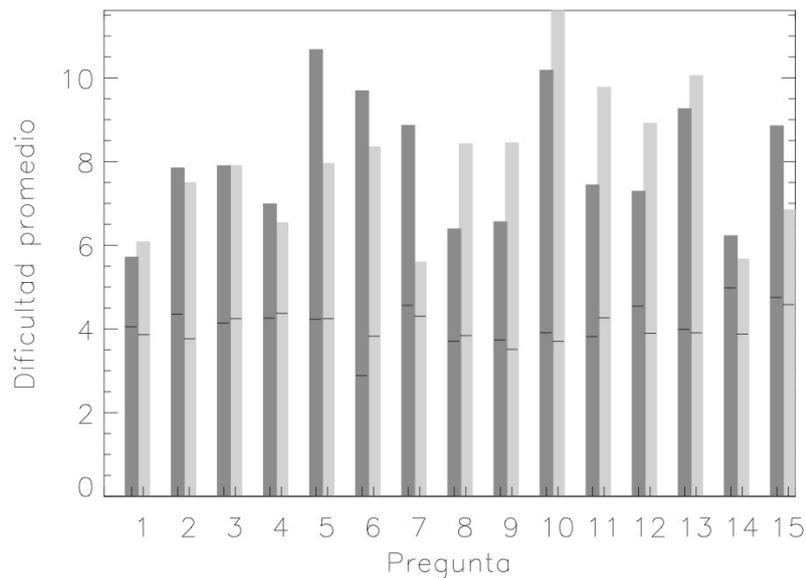
En relación a las encuestas realizadas a alumnos de diversos Grados universitarios, este trabajo se ha centrado en el análisis de la percepción que tienen estos alumnos acerca del nivel de dificultad del listado de los 15 conceptos de Bioquímica y Geología anteriormente reseñados.

Para el caso de Bioquímica (figura 6), los tres conceptos con mayor dificultad vuelven a ser, como los obtenidos para el profesorado de IES, el 10, 11 y el 13. Este es un resultado interesante ya que se ha detectado una evidente debilidad en la enseñanza de conceptos bioquímicos que se arrastra posteriormente hasta, al menos, el segundo curso del Grado en Biología. Los resultados obtenidos para los Grados en Biología y Química son muy similares, aunque la diferencia significativa en el número de encuestados en ambos Grados y en su nivel académico en Bioquímica no permita ahondar mucho más en el análisis.

En el caso de Geología, obtenemos resultados similares para los tres Grados implicados. Sin embargo, no se aprecian conceptos que supongan un nivel de dificultad significativo frente a otros. Sí es destacable que ciertos conceptos que el profesorado de IES calificaba como más difíciles (el 1 y 3), aparecen en los Grados como los más asequibles. La disonancia entre los resultados obtenidos en los Grados y los IES debe estar asociado a la falta de alumnado en Geología que se da en el Bachillerato, por lo que muchos de los alumnos de Grado no han cursado con anterioridad la materia de Geología.

La relativa homogeneidad en los resultados asociados a los conceptos geológicos en los Grados puede deberse a la docencia que reciben en el primer curso universitario, ya que un porcentaje muy elevado de estos alumnos considera que la docencia recibida cubre los conceptos que estamos analizando (ver Tabla 3).

Para el caso de Bioquímica, la permanencia de ciertas dificultades puede deberse a varias razones: por un lado, los alumnos de Grado consideran que no han recibido la docencia suficiente para comprender estos conceptos, tal y como atestiguan los resultados de la Tabla 3. Por otra parte, los alumnos arrastran desde el Bachillerato deficiencias en la comprensión de ciertos conceptos debido, sobre todo, a la falta de tiempo para impartirlos.



*Figura 6: Diagrama de barras relativo a la distribución del nivel de dificultad intrínseco promedio de los 15 conceptos (preguntas) de Bioquímica. Las líneas horizontales indican la desviación estándar para el valor promedio. Las barras de color claro corresponden a los resultados en el Grado en Biología, mientras que las de color oscuro corresponden al Grado en Química.*

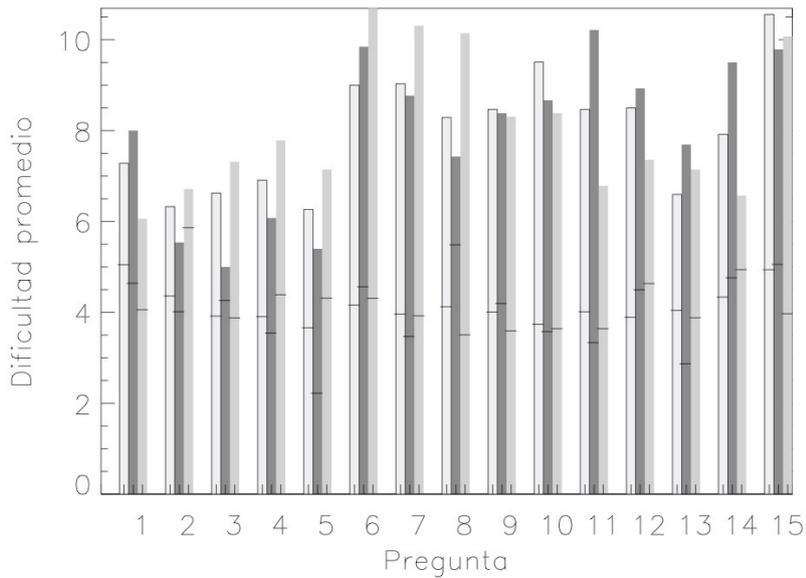


Figura 7: Diagrama de barras relativo a la distribución del nivel de dificultad intrínseco promedio de los 15 conceptos (preguntas) de Geología. Las barras de color claro sin delinear corresponden a los resultados en el Grado en Ingeniería Civil, las de color oscuro al Grado en Ciencias Ambientales y las de color claro delineadas al Grado en Biología.

¿Considera que se estudian suficientemente estos conceptos?	SI (%)	NO (%)
Geología en 1° del Grado en Biología	86	14
Geología en 1° del Grado en Ciencias Ambientales	69	31
Geología en 1° del Grado en Ingeniería Civil	86	14
Bioquímica en 1° del Grado en Química	24	76
Bioquímica en 2° del Grado en Biología	43	58

Tabla 3: Porcentaje de alumnos de Grado que responden positivamente o negativamente a la pregunta: ¿Consideran que se estudian suficientemente estos conceptos?

En definitiva, el análisis de las encuestas realizadas proporciona una serie de resultados interesantes:

- i) Tanto para los conceptos biológicos como geológicos, el profesorado de IES encuentra mayor dificultad de comprensión en los alumnos en aquellos conceptos que ellos mismos consideran más dificultosos.
- ii) En el caso de los conceptos geológicos, no hay ninguna relación entre los conceptos que más dificultad intrínseca tienen en el Bachillerato y los que consideran más dificultosos los alumnos de Grado.

Los problemas estructurales en el sistema educativo en Bachillerato (falta de tiempo, exceso de conceptos, dedicación de tiempo académico a preparar la EBAU,...) son bien conocidos, como han plasmado los profesores en las encuestas. La Geología tiene el problema añadido de que es una materia optativa y es elegida por pocos alumnos. Sin embargo, toda esta problemática queda fuera del ámbito de este proyecto. Lo que sí proponemos es la necesidad de proporcionar al profesorado de IES recursos y/o metodologías didácticas que les permitan afrontar el nivel de dificultad de ciertos conceptos biológicos (rutas metabólicas, rutas anfibólicas e integración del metabolismo) dentro del limitado espacio temporal del que disponen. Esta actuación repercutiría positivamente en el progreso académico de los alumnos que decidan cursar Grados universitarios como puede ser Biología.

Para el caso de la Geología, proponemos que se sigan desarrollando recursos y/o metodologías que ayuden a afrontar la dificultad intrínseca de los conceptos geológicos en los Grados universitarios. Con tan pocos alumnos cursando Geología en segundo de Bachillerato, debido a su carácter optativo, parece más eficiente centrarse en el primer curso de los Grados.

## 6. CONCLUSIONES:

En este TFG se ha desarrollado una estrategia para localizar debilidades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos biológicos (en concreto bioquímicos) y geológicos en el Bachillerato y su posible impacto en la enseñanza de materias afines en Grados universitarios. Se definió un parámetro cuantificable, el nivel de dificultad de conceptos (15 de Biología y otros tantos de Geología), que se midió a través de encuestas dirigidas al profesorado de Bachillerato y al alumnado de Grados Universitarios donde se imparten las materias de Biología y Geología.

Siendo este un estudio piloto, la población encuestada fue limitada, pero se obtuvieron dos resultados muy interesantes. Por un lado, el profesorado de Bachillerato encuentra mayor dificultad de comprensión en los alumnos en aquellos conceptos que los docentes consideran más dificultosos. Por otra parte, se detectaron tres conceptos biológicos (rutas metabólicas, rutas anfibólicas e integración del metabolismo) cuyo nivel de dificultad es muy elevado tanto en Bachillerato como en los Grados. Proponemos el desarrollo de recursos didácticos y/o metodologías que ayuden a paliar esta deficiencia en el Bachillerato.

Los resultados obtenidos me animan, al igual que a mis coordinadores de este TFG, a profundizar en el análisis de los conceptos fundamentales del ámbito de la Biología y la Geología impartidos tanto en el Bachillerato como en la Universidad, tratando de averiguar a qué se debe la desconexión observada entre ambos niveles educativos y proponiendo soluciones a esta problemática.

## 7. BIBLIOGRAFÍA:

**Anguita, F.** (1988). *Origen e Historia de la tierra*. Alcorcón (Madrid), España: Editorial Rueda.

**Banet Hernández, E.** (2010). Finalidades de la Educación Secundaria: aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 28, Núm. 2, 199-213.

**Gómez-Chacón, Inés María.** (2010). Actitudes de los estudiantes en el aprendizaje de la matemática con tecnología. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 28, Núm. 2, pp. 227-244.

**Nelson, D. L. y Cox, M. M.** (2005). *Lehninger Principios de Bioquímica (Cuarta Edición)*. Barcelona, España: Ediciones Omega.

**Sanz Esteban, M., Serrano Barbero, S. y Torralba Redondo, B.** (2016). *Biología. Segundo de Bachillerato*. Madrid, España: Oxford Educación.

**Schmincke, H.** (2004). *Volcanism*. Heidelberg (Berlin), Alemania: Editorial Springer-Verlag.

**Scott, T. y Eagleson, M.** (1988). *Enciclopedia concisa de Bioquímica*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

**Stryer, L., Berg, J.M., y Tymoczko, J.L.** (2013). *Bioquímica con Aplicaciones Clínicas*. Barcelona, España: Editorial Reverté S.A.

## AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar, me gustaría agradecer enormemente a mis tutores Ricardo Guillermo Álvarez y Antonio Eff-Darwich Peña. Por otro lado, al Profesor Titular de Bioquímica y Biología Molecular de La Universidad de La Laguna, José María Riol Cimas, el interés, orientación, consejos y dedicación que han mostrado durante el recorrido de la realización de este trabajo.

Por otro lado, me gustaría agradecer a los siguientes miembros del profesorado de Bachillerato por el buen trato que me han proporcionado, el interés hacia el tema del trabajo y a pesar de su ajustada agenda, poder sacar un ratito para contestar la encuesta y ayudarme así en la elaboración del presente TFG, ya que sin su colaboración no hubiese sido posible.

Las Palmas de Gran Canaria:

**Guillermina López Calero.** Profesora del IES Isabel de España.

**Isaac Godoy Delgado.** Profesor del IES Isabel de España.

**Manuel Luis Mendoza.** Profesor del IES Feria del Atlántico.

**José Manuel Henríquez Gómez.** Profesor del IES Feria del Atlántico.

**Juan Sánchez Suarez.** Profesor del IES Siete Palmas.

Telde:

**María Antonieta Hernández González.** Profesora del IES Guillermina Brito.

**Ana Berta Torres Déniz.** Profesora del IES Lomo de la Herradura.

**Pedro José Padrón Ríos.** Profesor del IES José Frugoni Pérez.

**Octavio Trujillo Ramírez.** Profesor del IES José Frugoni Pérez.

**María Caamaño Isorna.** Profesora del IES José Arencibia Gil.

**Juan Sergio Fernández Navarro.** Profesor del IES José Arencibia Gil.

Santa Cruz de Tenerife:

**Carmen María Méndez González.** Profesora del IES El Chapatal.

**María Lourdes González Darias.** Profesora del IES El Chapatal.

**María Elena Herraiz Requejo.** Profesora del IES El Chapatal.

**María Rosario González Sánchez.** Profesora del IES Teobaldo Power.

**Vicente del Rosario Rabadán.** Profesor del IES Teobaldo Power.

**María Concepción Estévez González.** Profesora del IES Ofra.

**Pedro Gilberto Cabrera Oliva.** Profesor del IES Tomás de Iriarte.

San Cristóbal de La Laguna:

**Natalia Celia Barroso Medel.** Profesora del IES Canarias Cabrera Pinto.

**Pedro Luis Suárez Hernández.** Profesor del IES Canarias Cabrera Pinto.

**Cristina Bazo González.** Profesora del IES La Laboral de La Laguna.

**Amparo Boscá Mora.** Profesora del IES La Laboral de La Laguna.

**Eduardo Manuel Martínez Marco.** Profesor del IES Domingo Pérez Minik.

**María Victoria Garabal García-Talavera.** Profesora del IES San Benito.

Por último, me gustaría agradecer a Jorge Antonio Herrera Alonso (Graduado en Matemáticas en la Universidad de La Laguna), por ayudarme en el análisis estadístico de los datos.

## ANEXO 1: CARTA DE PRESENTACIÓN DIRIGIDA A LA DIRECTIVA DEL CENTRO.

A la atención de:

Sr./Sra. Director/a del I.E.S. XXXXXX

La Laguna, 7 de marzo de 2018.

Estimado/a Sr./Sra. Director/a:

Mediante el presente escrito le comunicamos que la alumna Shaila Verona Rodríguez, con DNI 43.292.008-M y correo electrónico [alu0100823257@ull.edu.es](mailto:alu0100823257@ull.edu.es), estudiante del cuarto curso del Grado en Biología de la Universidad de La Laguna (ULL), se encuentra realizando su Trabajo de Fin de Grado (TFG) durante el presente curso 2017-18.

Shaila está interesada en dedicarse en el futuro a la docencia, y esa es la razón por la cual ha decidido realizar su TFG, así como posteriormente su Máster, en dicho ámbito.

Se ha puesto en contacto con usted para solicitar su colaboración, que consistiría en la comunicación al profesorado del contenido de este escrito para, así, poder realizar una encuesta que forma parte de su TFG. Uno de los objetivos consiste en obtener información acerca de diversos parámetros en relación con la docencia en el Bachillerato de algunos conceptos de las materias de Biología y Geología, para lo que necesita a su vez la colaboración del profesorado responsable de las asignaturas de Biología y de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (CTMA), ambas de Segundo de Bachillerato.

Tiene interés en pasar su encuesta en distintos IES de los municipios de Santa Cruz de Tenerife, La Laguna, Las Palmas de Gran Canaria y Telde, las cuatro principales ciudades del archipiélago, con objeto de obtener una primera aproximación a la docencia en relación con determinados conceptos seleccionados, en función de su importancia y/o dificultad, de las dos asignaturas antes citadas.

El TFG está coordinado por los profesores:

**Antonio Eff-Darwich Peña** (Profesor Contratado Doctor, Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Departamento de Didácticas Específicas, ULL). [adarwich@ull.edu.es](mailto:adarwich@ull.edu.es) y **José María Riol Cimas** (Profesor Titular de Universidad, Área de Bioquímica y Biología Molecular, Departamento de Bioquímica, Microbiología, Biología Celular y Genética, ULL). [jriol@ull.edu.es](mailto:jriol@ull.edu.es)  
Estamos a su disposición para cualquier aclaración que considere oportuna.

Agradezco sinceramente su participación, que puede contribuir a la mejor comprensión de algunas actividades docentes desarrolladas por el profesorado de las materias de Biología y Geología, tanto del Bachillerato como de diferentes grados universitarios. Sin su colaboración, y la de los profesores directamente implicados en esa docencia, este TFG no podría desarrollarse.

Atentamente,

Dr. José María Riol Cimas.  
Profesor Titular de Universidad.  
Área de Bioquímica y Biología Molecular.  
Departamento de Bioquímica, Microbiología, Biología Celular y Genética, ULL.  
[jriol@ull.edu.es](mailto:jriol@ull.edu.es)

---

## ANEXO 2: ENCUESTA AL PROFESORADO DE BACHILLERATO.

**ENCUESTA: Una aproximación a la docencia de algunos conceptos en la Biología y la Geología de Bachillerato.**

**Trabajo de Fin de Grado  
Grado en Biología. Universidad de La Laguna  
Shaila Verona Rodríguez  
Curso 2017-18.**

La siguiente encuesta forma parte del Trabajo de Fin de Grado (TFG) de Shaila Verona Rodríguez, estudiante del cuarto curso del Grado en Biología de la Universidad de La Laguna (ULL).

Correo electrónico: [alu0100823257@ull.edu.es](mailto:alu0100823257@ull.edu.es)

TFG coordinado por los profesores:

- **Antonio Eff-Darwich Peña** (Profesor Contratado Doctor, Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Departamento de Didácticas Específicas, ULL). [adarwich@ull.edu.es](mailto:adarwich@ull.edu.es)

- **José María Riol Cimas** (Profesor Titular de Universidad, Área de Bioquímica y Biología Molecular, Departamento de Bioquímica, Microbiología, Biología Celular y Genética, ULL). [jriol@ull.edu.es](mailto:jriol@ull.edu.es)

Uno de los objetivos del TFG consiste en obtener información acerca de diversos parámetros en relación con la docencia en el Bachillerato de algunos conceptos de las materias de Biología y Geología.

El TFG pretende ser una primera aproximación a dicha docencia.

Agradezco sinceramente su participación, que puede contribuir a la mejor comprensión de algunas actividades docentes desarrolladas por el profesorado de las materias de Biología y Geología, tanto del Bachillerato como de diferentes grados universitarios. Sin su colaboración este TFG no podría desarrollarse. Shaila Verona Rodríguez.

### PROFESOR/A.

Nombre	
Primer apellido	
Segundo apellido	
Funcionario/a, Interino/a o Contratado/a	
Docente en el Bachillerato desde el curso	
Titulación (Licenciado/a o Graduado/a en...)	
Asignatura o asignaturas que imparte durante el curso 2017-18	

### CENTRO

Nombre del I.E.S.	
Municipio	
Provincia	
¿Qué nivel socio-económico considera que tiene su centro?  Por favor, puntúe entre 1 y 10, siendo 1 el nivel más bajo y 10 el más alto. Mayoritariamente clase media (5), clase media-baja (2.5), clase media alta (7.5).	
¿Considera que existe conflictividad en el aula en el caso de la asignatura (o las asignaturas) que imparte? Sí/No	
En caso de respuesta afirmativa a la pregunta anterior ¿en qué modo cree que afecta al desarrollo de la asignatura (o las asignaturas) que imparte?	

## ACERCA DE LOS LIBROS EMPLEADOS

¿Utiliza para su docencia especialmente algún o algunos libros de texto? Sí/No	
En caso de contestación negativa a la pregunta anterior, ¿qué recursos emplea fundamentalmente en su docencia?	
En caso de contestación positiva, ¿cuál es el título del libro y de qué editorial es? ¿cuáles son las razones para su elección?	

## CONCEPTOS SELECCIONADOS DEL ÁMBITO DE LA BIOLOGÍA (BIOQUÍMICA)

Los siguientes conceptos han sido seleccionados, dentro de la asignatura de Biología de Bachillerato, debido a que su correcta comprensión resulta crítica en el marco de las asignaturas de Bioquímica de todos aquellos Grados universitarios en los que se imparten: Biología, Química, Bioquímica, Medicina, Farmacia, Veterinaria, Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Enfermería, Fisioterapia, algunas Ingenierías, etc.

01. Vitaminas en el metabolismo.
02. Coenzimas en el metabolismo.
03. Enzimas.
04. El Centro Activo como lugar físico.
05. Saturación por el sustrato.
06. Metabolitos clave en el metabolismo.
07. Compartimentación celular y Bioquímica.
08. Catabolismo.
09. Anabolismo.
10. Rutas metabólicas. Interconexiones.
11. Rutas anfóblicas.
12. Síntesis del ATP.
13. Integración del metabolismo.
14. Enfermedades metabólicas.
15. Electroforesis.

**En relación con los conceptos anteriores, dado que el presente curso no ha concluido, le ruego que conteste en relación con el curso académico 2016-17.**

Ordene tales conceptos de mayor a menor dificultad intrínseca, según su criterio. Ej.: 11, 03, 14, 09, etc.	
Ordene tales conceptos de mayor a menor según la dificultad observada para el alumnado. Ej.: 11, 03, 14, 09, etc.	
Dada la relevancia de los conceptos anteriores, ¿considera que se estudian todos suficientemente en el curso 2º de Bachillerato? Si la respuesta es negativa, por favor, ordene de mayor a menor los conceptos anteriores (comenzando por el más estudiado y terminando por el menos estudiado). Ej.: 11, 03, 14, 09, etc.	
Además de los conceptos anteriores, ¿considera necesarios otros conceptos en la docencia de la Biología (en la parte relativa a la Bioquímica) de 2º de Bachillerato?	

## CONCEPTOS SELECCIONADOS DEL ÁMBITO DE LA GEOLOGIA

Los siguientes conceptos han sido seleccionados, dentro de las asignaturas de Geología y de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente de Bachillerato, debido a que su correcta comprensión resulta crítica en el marco de las asignaturas

del ámbito de la Geología de todos aquellos Grados universitarios en los que se imparten: Grados de la Facultad de Ciencias y Grados de Ingeniería.

01. Clasificación de minerales, rocas y fósiles.
02. Estructura de la atmósfera.
03. Clasificación e interpretación del clima.
04. Estructura de la hidrosfera.
05. El agua en Canarias
06. Interpretación de las formas del relieve terrestre.
07. Interpretación de las formas del relieve canario.
08. Relación de la tectónica de placas con la distribución global de volcanes y terremotos.
09. Relación de la tectónica de placas con el relieve terrestre.
10. Relación tectónica de placas con la clasificación de rocas y minerales.
11. Relación tectónica de placas con la estructura interna de la Tierra.
12. Relación entre estratigrafía, fósiles y la determinación del tiempo geológico.
13. Riesgo y peligrosidad. Análisis de los tipos de riesgos geológicos de Canarias.
14. Uso industrial de los recursos geológicos del planeta.
15. Cartografía, interpretación de mapas.

**En relación con los conceptos anteriores, dado que el presente curso no ha concluido, le ruego que conteste en relación con el curso académico 2016-17.**

<p>Ordene tales conceptos de mayor a menor dificultad intrínseca, según su criterio. Ej.: 11, 03, 14, 09, etc.</p>	
<p>Ordene tales conceptos de mayor a menor según la dificultad observada para el alumnado. Ej.: 11, 03, 14, 09, etc.</p>	
<p>Dada la relevancia de los conceptos anteriores, ¿considera que se estudian todos suficientemente en el curso 2º de Bachillerato? Si la respuesta es negativa, por favor, ordene de mayor a menor los conceptos anteriores (comenzando por el más estudiado y terminando por el menos estudiado).  Ej.: 11, 03, 14, 09, etc.</p>	
<p>Además de los conceptos anteriores, ¿considera necesarios otros conceptos en la docencia de la Geología de 2º de Bachillerato</p>	

### SU OPINIÓN

Le ruego que exprese a continuación su opinión acerca de esta encuesta, y también acerca de todo aquello que pudiera favorecer una mejora en la docencia en el ámbito de los conceptos seleccionados de la Biología y de la Geología.

Su opinión es muy valiosa para el desarrollo del trabajo de Fin de Grado.

Muchas gracias de nuevo.

---

## ANEXO 3: ENCUESTA AL ALUMNADO UNIVERSITARIO.

ENCUESTA ANÓNIMA. 09May2018.

BQ-QUÍM

Una aproximación a la docencia en relación con algunos conceptos bioquímicos explicados en distintos Grados Universitarios.

Encuesta dirigida al alumnado de la asignatura de Bioquímica del 2º Curso del Grado en Química de la Sección de Química (Facultad de Ciencias de la Universidad de La Laguna).

Curso académico 2017-18.

---

### ACERCA DE LOS LIBROS EMPLEADOS:

¿Utiliza para el estudio de la asignatura de Bioquímica especialmente algún o algunos libros de texto?  Sí/No	
En caso de <b>contestación negativa</b> a la pregunta anterior,  ¿Qué recursos emplea fundamentalmente para el estudio de la Bioquímica? Por favor, escríbalos por orden de importancia para usted.	
En caso de <b>contestación positiva</b> ,  ¿Cuál es el título del libro y de qué editorial es?  ¿Cuáles fueron las razones para su elección?	

### CONCEPTOS SELECCIONADOS DEL ÁMBITO DE LA BIOLOGÍA (BIOQUÍMICA)

Los siguientes conceptos han sido seleccionados, dentro de la asignatura de Bioquímica, debido a que resultan críticos para la correcta comprensión de dicha materia.

01. Vitaminas en el metabolismo.
02. Coenzimas en el metabolismo.
03. Enzimas.
04. El Centro Activo como lugar físico.
05. Saturación por el sustrato.
06. Metabolitos clave en el metabolismo.
07. Compartimentación celular y Bioquímica.
08. Catabolismo.
09. Anabolismo.
10. Rutas metabólicas. Interconexiones.
11. Rutas anfibólicas.
12. Síntesis del ATP.
13. Integración del metabolismo.
14. Enfermedades metabólicas.
15. Electroforesis.

Ordene tales conceptos de mayor a menor dificultad intrínseca, según su criterio.  Ej.: 11, 03, 14, 09, etc.	
Dada la relevancia de los conceptos anteriores, ¿considera que se estudian todos suficientemente en el curso 2º del Grado en Química? Si la respuesta es	

negativa, por favor, ordene de mayor a menor los conceptos anteriores (comenzando por el más estudiado y terminando por el menos estudiado). Ej.: 11, 03, 14, 09, etc.	
---	--

Su opinión resulta fundamental para el desarrollo de este trabajo.  
Muchas gracias por su colaboración.

---