
Trabajo Fin de Máster

Propuesta de análisis de las funciones vitales a través de la biografía de los científicos españoles Ramón y Cajal, Severo Ochoa, Grande Covián y Margarita Salas: currículo, historia de la ciencia y género

Modalidad: Investigación

Julieta Díaz Delfín

Tutor: Miguel Ángel Negrín Medina

2019

*Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas.
Especialidad Biología y Geología.*

“Ayudar al que lo necesita no sólo es parte del deber, sino de la felicidad”.

José Martí.

Agradecimientos.

Espero que estos agradecimientos sean una mera formalidad, y que todas aquellas personas que mencione o incluso aquellas que no mencionaré, les haya sabido transmitir mis más sinceros agradecimientos.

A quien primero quisiera agradecer es a todo el personal del IES San Juan de la Rambla, por el excelente recibimiento y la gran atención prestada durante las siete semanas de las prácticas.

Unas gracias en mayúsculas a Lola, mi tutora por ser tan generosa en compartir todos sus conocimientos y por su cariño.

Igualmente me gustaría agradecer a Conchi y Cristina, las otras profesoras de Biología del Instituto por su ayuda y hacerme sentir en el IES como en casa. Además destaco la atención del equipo directivo, en especial a Adolfo su director y Auxi, la Orientadora del centro.

Por último y no menos importante, GRACIAS a Miguel Ángel por su apoyo incondicional en cada momento y por compartir su gran y completa experiencia en el sistema educativo español.

Resumen

La educación en ciencias es más que la enseñanza de un cúmulo de datos, fórmulas e informaciones con poco sentido para los estudiantes. Por tanto, existe un gran desafío en la enseñanza de las ciencias para que los estudiantes puedan adquirir mejor conocimiento científico sin que la enseñanza esté centrada solo en los conceptos científicos abstractos. En este trabajo se propone una nueva metodología basada en la utilización de las biografías de cuatro investigadores españoles, como instrumento motivacional en el estudio de las funciones vitales. Primeramente se ha realizado un análisis de las biografías con el fin de seleccionar situaciones personales y descubrimientos para su uso como recursos didácticos. Los resultados muestran, en el alumnado de segundo de bachillerato del IES San Juan de la Rambla, que las vivencias y los descubrimientos de los científicos/as españoles favorecen la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes en el aprendizaje de la Biología. Además, la intervención didáctica con la utilización de los aspectos personales de los científicos/as, no solo favorece la construcción del conocimiento científico y la cultura científica sino que es un elemento motivacional importante para el aprendizaje y para la formación de futuras generaciones de científicos/as. En resumen, las bibliografías de Ramón y Cajal, Grande Covián, Severo Ochoa y Margarita Salas proporcionan un enfoque instructivo y prometedor que puede mejorar la motivación de los estudiantes y el aprendizaje en la Biología.

Palabras clave: biografías como instrumento motivacional en el estudio de las funciones vitales, selección de situaciones personales y descubrimientos como recursos didácticos, mejorar la motivación en el aprendizaje en la Biología.

Abstract

The science education is more than the teaching of an accumulation of data, formulas and information that barely makes sense to students. Thus, there is a great challenge in science teaching, so that students can acquire better scientific knowledge without the teaching being focused only on abstract scientific concepts. This work proposes a new methodology based on the use of the biographies from four Spanish researchers, as a motivational instrument in the study of vital functions. Firstly, an analysis of the biographies has been carried out in order to select personal situations and discoveries for use as a didactic resource. The results show that the experiences and discoveries of the Spanish scientists favour the motivation and academic performance of the high school students in the learning of Biology. In addition, the didactic intervention with the use of the personal aspects of the scientists, not only contributes to the development of scientific knowledge and the scientific culture but it is also an important motivational element for the learning and for the formation of future generations of scientists. In summary, the used of bibliographies of Ramón y Cajal, Grande Covián, Severo Ochoa and Margarita Salas, provide an instructive and promising approach that can improve motivation in Biology learning.

Keywords: biographies as a motivational instrument in the study of vital functions, personal situations and discoveries for use as a didactic resource, improving motivation in Biology learning.

Nota:

En el presente Trabajo de Fin de Máster se aplica la Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo (BOE No. 71 de 23-03-2007), para la igualdad efectiva de mujeres y hombres, así como la Ley 1/2010, de 26 de febrero, Canaria de Igualdad entre Mujeres y Hombres (BOC No. 45 de 05-03-2010)) y en todo aquello que intente evitar el uso del lenguaje sexista, lo dispuesto en la parte trigésima del anexo del Decreto 15/2016, de 11 de marzo, del Presidente, por el que se establecen las normas internas para la elaboración y tramitación de las iniciativas normativas del Gobierno y se aprueban las directrices sobre su forma y estructura (BOC No. 55 de 21-03-2016). En cualquier caso, toda referencia a personas, colectivos, representantes, u otros, contenida en este documento y cuyo género gramatical sea masculino, se entenderá referido a ambos sexos, y, por tanto, la posibilidad de referirse a mujeres y hombres.

Índice

1	Introducción.	3
1.1	Justificación de elección del tema.	6
1.2	Antecedentes.	6
1.3	Análisis de la biografía de los científicos/as.	8
1.3.1	Ramón y Cajal.	8
1.3.2	Francisco Grande Covián.	12
1.3.3	Severo Ochoa.	14
1.3.4	Margarita Salas.	17
1.4	Planteamiento del problema de investigación.	19
2	Objetivos.	22
3	Método y procedimiento.	23
3.1	Propuesta metodológica para la asignatura de Biología y Geología del curso 3º ESO.	26
3.1.1	La función de Nutrición bajo la mirada de Francisco Grande Covián.	27
3.1.2	Santiago Ramón y Cajal, el sistema nervioso y la función de Relación.	28
3.2	Propuesta metodológica para el curso 2º Bachillerato.	30
4	Resultados y discusión.	32
4.1	Investigación en el IES San Juan de la Rambla.	32
4.2	Intervención de la propuesta metodológica para la asignatura de Biología Humana del curso 2º Bachillerato.	37
4.2.1	Contextualización del centro.	37
4.2.2	Objetivos.	38
4.2.3	Competencias claves.	38
4.2.4	Contenidos.	39
4.2.5	Metodología y temporalización.	40
4.2.6	Criterios de Evaluación y estándares de aprendizaje evaluables.	42
4.2.7	Método de evaluación.	43
4.2.8	Recursos didácticos.	46
4.2.9	Atención a la diversidad.	46
4.3	Implicación y respuesta del alumnado a la intervención didáctica.	47

5	Conclusiones.	50
6	Propuesta de mejora.	51
7	Referencias bibliográficas.	55
8	Anexos.	57
8.1	Anexo I. Cuestionario de Investigación.	57
8.2	Anexo II. Actividad Actrices y actores	59
8.3	Anexo III. Actividad: Fraseando con el código genético.	60
8.4	Anexo IV. Cuestionario de satisfacción del alumnado con la propuesta didáctica.	63

1 Introducción.

La humanidad se enfrenta a grandes desafíos que incluyen desde el control de enfermedades, el control del suministro agua y alimentos hasta la adaptación al cambio climático. De manera que para hacer frente a estos desafíos es necesario que los jóvenes posean cierta conciencia científica. Es de destacar que no solo se trata de convertir a todos los jóvenes en expertos científicos, sino que sepan ser críticos ante la toma de decisiones en problemas que afectan la vida cotidiana, de ahí la importancia de la comprensión de las ciencias. Por ello es de gran importancia adquirir competencias científicas desde la enseñanza secundaria. Según el Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA) 2015, en el que la competencia científica es el objetivo principal, define que la competencia científica requiere no sólo el conocimiento de los conceptos y las teorías de la ciencia, sino también un conocimiento de los procedimientos y las prácticas comunes asociados con la investigación científica y cómo éstas permiten avanzar a la ciencia. Adicionalmente, para entender y participar en debates críticos sobre temas de ciencia y tecnología se requieren tres competencias específicas de este campo (PISA 2015): la capacidad de explicar fenómenos naturales, artefactos técnicos y tecnologías, y sus implicaciones para la sociedad; el conocimiento y la comprensión de la investigación científica y la competencia para interpretar y evaluar los datos y las pruebas científicamente, y evaluar si las conclusiones están justificadas. Además de las competencias científicas existen otros tres aspectos interrelacionados, el contexto, las actitudes y el conocimiento (Figura 1).

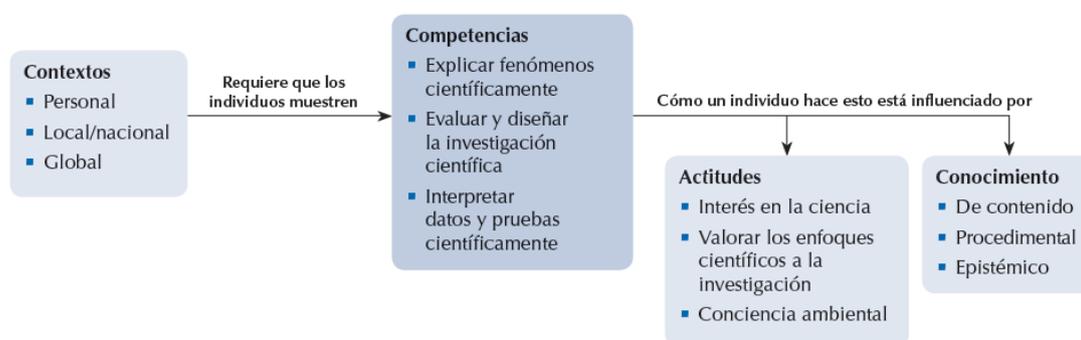


Figura 1. Interrelación entre los aspectos del marco de evaluación de la competencia científica en PISA 2015. (OECD, 2016).

Los resultados de este informe, que muestran el rendimiento medio de los estudiantes de 15-16 años en ciencias, concluye que la puntuación media de la mayoría de los países de

la OCDE se encuentra entre 484 y 559 puntos, correspondiente al nivel 3 de la escala de ciencias (máximo en 7 niveles}. Los países con puntuaciones más altas en ciencias han sido Singapur (556), Japón (538), Estonia (534) y Finlandia (531). España consigue una puntuación media en ciencias de 493, similar que el promedio de la OCDE. Respecto a las comunidades autónomas españolas, las puntuaciones más elevadas en ciencias corresponden a Castilla y León (519), Comunidad de Madrid (516), Navarra (512), Galicia (512) y Aragón (508). Sin embargo, la Comunidad Autónoma de Canarias se encuentra entre las comunidades con niveles más bajos de competencia científica siendo de 475, solo por encima de Extremadura y Andalucía, con 474 y 473 respectivamente.

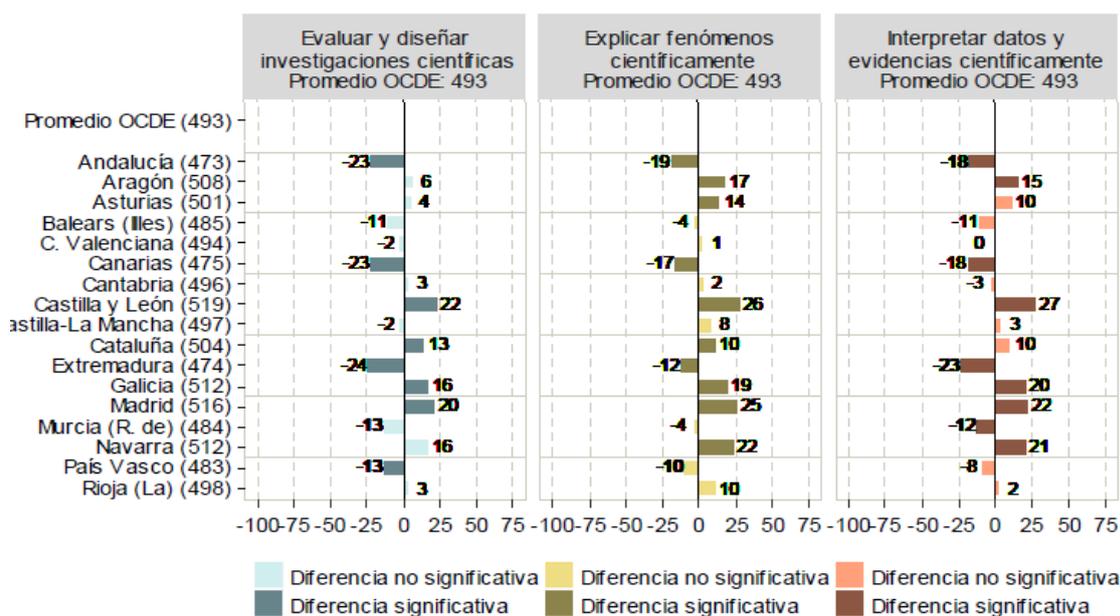


Figura 2. Puntuaciones medias de las sub-competencias científicas en las comunidades autónomas españolas. (OECD, 2016).

En la figura 2 se observan la diferencia existente entre sub-competencias científicas en las distintas comunidades autónomas con el promedio de países de la OCDE. El análisis por sub-competencias muestra que Canarias es de las comunidades que alcanza más bajas puntuaciones: -23 en diseñar investigaciones científicas, -18 en la explicación de fenómenos y -17 en la interpretación de datos. Los resultados obtenidos por nuestro estudiantado muestran la necesidad en la mejora de los procesos educativos, razón por la cual se considera imprescindible la búsqueda de soluciones que favorezca el aprendizaje significativo del alumnado en el sistema educativo español.

Un factor clave en los procesos de enseñanza y aprendizaje, es la motivación del alumnado. En este sentido se han realizado numerosos estudios que implican tanto factores

externos como internos. Respecto a los enfoque motivacionales relacionados con los factores externos, se han utilizado diferentes estrategias para aumentar la motivación de los estudiantes como son los esfuerzos por cambiar los libros de texto de ciencia mediante la incorporación de ilustraciones estimulantes o imágenes visuales para motivar a los estudiantes a aprender el contenido (Hannus y Hyöna, 1999). Otro enfoque común es promover el interés de los estudiantes en la ciencia al mejorar la legibilidad general de los textos (Otero, León y Graesser, 2002). Estos esfuerzos son importantes para la educación científica, ya que los libros de texto constituyen una fuente importante de aprendizaje científico; y es más difícil motivar a los estudiantes para que estudien textos de ciencia poco interesantes (Holliday, 2002). Sin embargo, a pesar de los numerosos esfuerzos, los libros de texto de ciencia aún se perciben como serios y desmotivadores (Chambliss, 2002).

Por otro lado, existen factores internos que influyen en la motivación y el aprendizaje de los estudiantes. Por ejemplo, Dweck (2007) sugiere que las creencias de los individuos sobre la naturaleza de su capacidad e inteligencia, influyen poderosamente en su éxito en el aprendizaje. Los teóricos de la entidad, quienes creen que la inteligencia es una entidad fija, se rinden o se retiran rápidamente cuando enfrentan tareas desafiantes. En contraste, los teóricos incrementales, quienes creen que la inteligencia es maleable y que puede incrementarse gradualmente con el esfuerzo tienen más probabilidades de mantener objetivos de aprendizaje en la escuela. Respecto a los teóricos incrementales, Blackwell, Trzesniewski y Dweck (2007), demostraron que podemos desarrollar nuestra propia inteligencia a través del trabajo duro y el aprendizaje. La intervención educativa ha ayudado a los estudiantes a desarrollar teorías productivas de inteligencia y ha mejorado la motivación y el rendimiento académico de los mismos. Por un lado, les enseñaron que el cerebro es como un músculo que cuanto más se ejercita, más fuerte se vuelve. Además, demostraron que el desarrollo intelectual no es el desarrollo natural de la inteligencia innata sino la formación de nuevas conexiones producidas a través del esfuerzo y el aprendizaje (Blackwell et al., 2007).

Actualmente, son necesarios números esfuerzos por parte del profesorado para mejorar la práctica educativa. El uso de historias de personales de científicos/as proporciona un enfoque instructivo y prometedor que puede mejorar la motivación de los estudiantes y el rendimiento académico en ciencias y quizás también en otras materias.

1.1 Justificación de elección del tema.

La elección de este tema ha sido debido a la importancia de adquirir conocimientos científicos, ya sea para futuros ciudadanos/as con cierta conciencia científica y/o para la formación de futuras generaciones de científicos/as. Es conocida la necesidad que existe en España de mejorar las competencias científicas de los estudiantes, en especial en la Comunidad Autónoma de Canarias. Por tanto, el tema de investigación sobre la utilización de las biografías de científicos/as para el aprendizaje de la Biología, es una herramienta clave para el reto de la enseñanza de las ciencias. Además, mi experiencia personal como investigadora propicia una ventaja para el análisis de las biografías de los científicos/as, vinculada sobre todo con la comparativa con la formación y vivencias de un científico/a en la actualidad.

Es de destacar que en la enseñanza no solo es importante la transmisión de conocimientos, sino crear en el alumnado motivaciones para que el alumno/a produzca y construya sus propios conocimientos. De ahí la importancia de este tema, puesto que permite llevar a la práctica educativa una nueva metodología que permite investigar varias cuestiones relacionadas con favorecer la motivación y el aprendizaje de la Biología. Entre los diversos factores a tener en cuenta que permite esta metodología se destacan los siguientes: las opiniones del alumnado y la construcción de su conocimiento, los análisis de las situaciones de aprendizaje propuestas vinculadas con las biografías, la relación de los contenidos con las historias de lucha de los investigadores y la adquisición de cultura científica, entre otras. Por tanto, el análisis de los elementos propuestos en este tema, son claves para la mejora de la enseñanza y la búsqueda de soluciones que mejoren el aprendizaje.

Adicionalmente, en base a mi experiencia personal como científica y como futura docente, me gustaría conocer qué dificultades presenta el alumnado con la aplicación de esta propuesta educativa innovadora, qué ideas previas sobre la vida de los científicos/as son frecuentes en las aulas, y sobre todo, me gustaría tener una metodología docente que facilite mi labor como guía en el aprendizaje de los futuros alumnos/as en esta materia.

1.2 Antecedentes.

En el área de la educación científica, una forma de utilizar las creencias de esfuerzo para motivar el aprendizaje de los estudiantes es usar historias que ilustren las luchas de los científicos hacia nuevos descubrimientos. Muchos educadores científicos han sugerido que

las narraciones personales, las anécdotas, las reflexiones personales o las historias de vida de un científico son recursos valiosos para inspirar el aprendizaje de la ciencia (Eshach, 2009; McKinney y Michalovic, 2004). McKinney y Michalovic (2004), demuestran como los profesores pueden estimular el interés de los estudiantes usando una amplia variedad de biografías e historias, proporcionando así modelos de conducta para todos los estudiantes y dando una imagen más completa de la naturaleza del trabajo científico. Otro ejemplo fue el implementado en un proyecto llamado *History of Science Cases* (Conant, 1957), en el que se incluyeron historias sobre científicos en los libros de texto de ciencias. En dicho estudio experimental participaron alrededor del 10% de los estudiantes de secundaria en los Estados Unidos. Como resultado, se observó un incremento en la motivación de los estudiantes para estudiar temas relacionados con la ciencia, a pesar de que no se obtuvieron calificaciones estadísticamente significativamente mejores que en los estudiantes en los grupos de control (Klopfer, 1966). Además, Haven (2007) realiza una revisión bibliográfica de más de 350 estudios en 15 campos diferentes de la ciencia, y concluye que las historias son un vehículo eficaz y eficiente para la enseñanza, para motivar y para la comunicación general de información y conceptos. Por otro lado, los estudios cognitivos también sugieren que las personas recuerdan historias e información en las historias mejor y durante más tiempo que la misma información presentada en cualquier otra forma narrativa (Mandler, 1984).

La historia de los científicos Galileo, Newton y Einstein ha sido relacionada para mejorar el aprendizaje de la Física (Hong y Lin-Siegler, 2012). Este estudio fue realizado con 271 estudiantes de secundaria, quienes fueron asignados a tres condiciones: (1) orientada a la lucha, se presenta a los estudiantes historias sobre las luchas de los tres científicos para crear el conocimiento del contenido; (2) orientada a los logros, en la cual los estudiantes aprendieron sobre los logros de estos 3 científicos durante su vida; y (3) grupo de control en el que los estudiantes aprendieron principalmente información sobre los contenidos de Física que estaban estudiando. Las medidas evaluaron: las percepciones de los científicos, el interés en las lecciones de Física, el recuerdo de conceptos científicos y la resolución de problemas físicos. Los resultados mostraron en el grupo 2 efectos negativos en las percepciones de los estudiantes sobre los científicos, y no produjo ningún efecto en el interés de los estudiantes en las lecciones de Física, el recuerdo de conceptos científicos o su resolución de problemas complejos y basados en libros de texto. En contraste, los resultados del primer grupo fueron positivos y ayudaron a los estudiantes a crear

percepciones de los científicos como personas trabajadoras que luchaban para hacer un progreso científico. Además, también aumentó tanto el interés de los estudiantes en la ciencia, como el retraso en el recuerdo de los conceptos y mejoró sus habilidades para resolver problemas complejos.

Otro estudio de gran interés fue el realizado con 402 estudiantes de colegios públicos de Nueva York (Lin-Siegler, Ahn, Chen, Fang y Luna-Lucero, 2016). Los estudiantes fueron divididos en grupos, el grupo control estudia ciencia con el típico libro de texto, en el que se enumeraban los logros de científicos. Los otros grupos estudiaron diversas historias sobre científicos eminentes que describían los retos personales e intelectuales de esos científicos/as. Los resultados mostraron que la participación en cualquiera de las condiciones de la historia de la lucha mejoró el aprendizaje científico después de la intervención, en relación con la de los estudiantes en la condición de control.

Por tanto, como sugieren diversos estudios, los estudiantes pueden adquirir mejor conocimiento científico si los científicos/as que producen este conocimiento se vuelven más accesibles. De manera que el uso de sus biografías, se considera un excelente recurso didáctico.

1.3 Análisis de la biografía de los científicos/as.

El análisis de las vivencias de los investigadores, especialmente durante las etapas tempranas de su formación, podría favorecer tanto el conocimiento e interés por la Biología así como, las motivaciones por estudiar ciencias. Es de destacar que no se pretende que el alumnado aprenda de memoria fechas de nacimiento, lugares o institutos de investigación, o tipos de cargos, sino que se trata de enseñar que los logros en la ciencia han sido alcanzados por personas que se han enfrentado a problemas de la vida cotidiana como cualquiera de nosotros. A continuación se resumen los principales acontecimientos en la vida de los cuatro científicos/as españoles, que serán utilizados en el nuevo enfoque didáctico propuesto para enseñar Biología y Geología en la enseñanza secundaria.

1.3.1 Ramón y Cajal.

Santiago Ramón y Cajal, genio español del siglo XIX, con tan solo un microscopio de su bolsillo fue capaz de descubrir las mariposas del alma.

El análisis de la vida de Cajal se ha enfocado en el análisis de su vida mediante preguntas: ¿Cómo era la familia de Ramón y Cajal? ¿Por qué su padre fue un ejemplo a seguir? ¿Cajal fue un niño intranquilo e indisciplinado? ¿Cajal fue un alumno brillante o tuvo problemas de

fracaso escolar? ¿Cómo adquirió destrezas manuales? ¿Cuál fue el momento calve en la vida investigadora de Cajal? ¿Qué acontecimientos históricos le influye en su vida? ¿Cuáles fueron sus grandes maestros? ¿Qué lo motiva a realizar a sus descubrimientos? ¿Cuáles fueron los aportes científicos más importantes de Cajal?

1.3.1.1 Las claves en la infancia de un genio.

Ramón y Cajal nace el 1 de mayo en 1852 en la aldea de Petilla en Aragón, un pequeño pueblo de Navarra fue criado entre labradores analfabetos. Santiago causaba continuos enfados a su padre y madre por sus peligrosas travesuras, como cuando trepa a un risco para ver los polluelos de un águila y no encontraba la forma de bajar, o cuando salta sobre el hielo en la balsa congelada de un molino y se hunde en el agua y no encuentra la abertura desde debajo de la gruesa capa de hielo. Su madre era tejedora y su padre fue un pastor analfabeto hasta los 16 años, pero este último aprende a escribir por su cuenta y termina doctorándose en Medicina con más de 50 años. El padre de Cajal, Justo Ramón Casasús, era una persona peculiar que a pesar de ser hijo de un labrador fue capaz de conseguir una proeza por su esfuerzo y sacrificio. Comienza en el primer peldaño del complicado escalafón sanitario de la época, como ayudante de barbero sangrador, y termina como catedrático de Medicina en Zaragoza. De manera que el padre de Cajal fue un digno modelo a seguir, e inculca a Santiago el valor del esfuerzo y la fuerza de voluntad, cuestión que Cajal aplica en su vida para trabajar extenuantes jornadas y mantener un objetivo claro (Ansedo, 2018).

Aunque parezca sorprendente, Santiago fue un mal estudiante que fracasa en sus estudios juveniles, motivo por el cual abandona la escuela en varias ocasiones y es obligado a ejercer como aprendiz de zapatero y de barbero. Sin embargo, dichos empleos le permiten adquirir excelentes destrezas manuales, habilidades que posteriormente resultarían útiles en la preparación de los cortes histológicos para mirarlos al microscopio. Otras de las claves de su éxito fueron sus aficiones su habilidad para pintar y su afición a la fotografía, que le proporciona conocimientos de química que le fueron de gran utilidad para hacer las tinciones (Ramón y Cajal: los secretos de un genio, 2017).

1.3.1.2 Ideas revolucionarias y una mirada por el microscopio del artesano de la ciencia.

Cajal desde muy temprana edad tenía un pensamiento muy crítico, ejemplo de ello son sus críticas sobre la educación basada en la memorización y la falta de libertad de pensamiento y bloqueo de la capacidad creativa. Durante sus años de universitario, Cajal recibe una enseñanza de la Medicina basada en concepciones muy antiguas. Pero él no se

conformaba con ello y leía a varios autores modernos. Tampoco creía en las ideas sin fundamento científico, las cuales les resultaban difíciles de asimilar. Por ello, según sus palabras, comienza a abrazar la religión de los hechos, su norte en la investigación y un lema que jamás abandonaría.

Cajal se licencia en junio de 1873 y se apunta a ser médico militar, en lugar de comprar la licencia, cuestión sencilla por aquel entonces. También se ofrece ir a la guerra en Cuba, pero regresa muy decepcionado por la experiencia, siendo demoledores para él tanto el paludismo como la pésima estrategia militar y la corrupción del Ejército. A su regreso, durante el examen del doctorado se asoma por primera vez a un microscopio y su fascinación fue tal que, desde aquella tarde decide convertirse en investigador (Ramón y Cajal: los secretos de un genio, 2017).

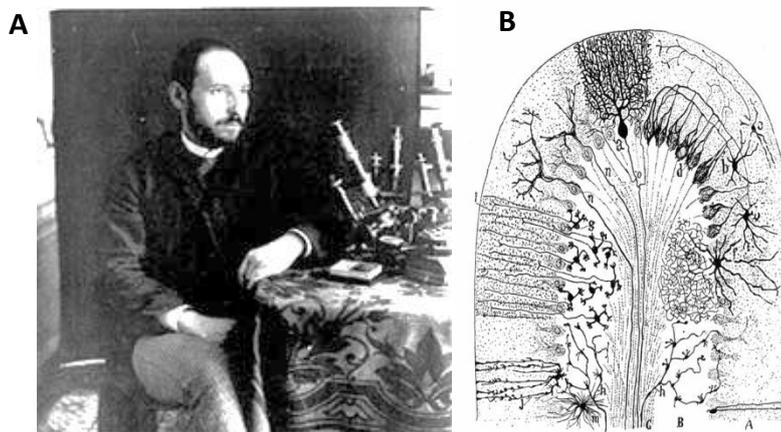


Figura 3 El arte de Cajal. La figura representa las destrezas de Cajal como dibujante. A) Autorretrato de Cajal y sus microscopios (Klein, 2017). B) Dibujo de un cerebelo de mamífero realizado por Cajal (Ramón y Cajal: los secretos de un genio, 2017).

Cajal, como se menciona anteriormente, adquiere excelentes habilidades manuales durante su juventud lo que representa una enorme ventaja sobre el resto de la comunidad científica. Santiago, además de tener los mismos conocimientos que el resto era un artesano de la ciencia, cuestión que se refleja en no solo en sus habilidades para teñir células sino en su capacidad artística para dibujar (Figura 3). Era considerado un artesano de la ciencia, pues sus preparaciones microscópicas tenían un enorme valor científico incluso a principios del siglo XX cuando era muy difícil poder realizar buenas microfotografías de las preparaciones histológicas. Actualmente, sus láminas y dibujos tienen un enorme valor tanto científico como artístico.

Por otro lado, es cierto que gran parte del éxito de Cajal es debido a su inteligencia y perseverancia, pero también tuvo fabulosos maestros como Aureliano Maestre de San Juan,

que le enseña a usar el microscopio o Luis Simarro que lo forma en técnicas para teñir tejidos.

1.3.1.3 Primer microscopio y descubrimientos.

Cajal consigue la cátedra de Anatomía de Valencia en 1883, tras presentarse a varias oposiciones. Posteriormente en 1888, se gana otra cátedra y se traslada a Barcelona. En este momento es que donde consigue su descubrimientos más importante, demostrar que las neuronas eran células independientes, aunque conectadas. Cajal era un mago de la histología, puesto que era capaz de ver al microscopio lo que otros no veían. Fue capaz de inventa varios métodos de tinción y mejorar muchos otros, entre ellos el de Golgi, que le enseñó Luis Simarro. Este método y el microscopio que le regala la Diputación de Zaragoza hicieron posibles descubrimientos como el de la neurona.

Respecto a sus descubrimientos es de destacar que Cajal no se limita a realizar un único descubrimiento de gran importancia, sino que aporta numerosas e importantes contribuciones al conocimiento de la estructura y función del sistema nervioso (De Felipe, 2005). Sin embargo, Cajal durante muchos años se enfrenta a una nueva batalla porque sus éxitos no eran reconocidos en Europa. Para lograr el reconocimiento científico europeo, obliga a mirar por su microscopio al más importante de los histólogos alemanes durante una reunión de la Sociedad Anatómica Alemana de 1889. Desde ese día, fue un investigador reputado en la ciencia internacional, aunque su trabajo fue ignorado en España hasta 1900. En 1906 le fue concedido el premio Nobel, a medias con Camilo Golgi.

En la carrera científica de Cajal se pueden distinguir tres grandes periodos (De Felipe, 2005; p. 215):

- 1877 a 1887, antes de conocer el método de Golgi, donde realiza una serie de estudios histológicos y de microbiología de carácter general.
- 1887 a 1903, que se caracteriza por una intensa actividad investigadora, aplicando el método de Golgi para describir la arquitectura celular y desenmarañar los circuitos neuronales de prácticamente todo el sistema nervioso.
- 1903 hasta su muerte, se caracteriza especialmente por sus estudios sobre la degeneración y regeneración del sistema nervioso, utilizando principalmente el método del nitrato de plata reducido.

Cajal fue un excelente maestro, que ha formado una generación de histólogos y neurocientíficos. El 17 de octubre de 1934, a los 82 años de edad, muere en Madrid el científico más importante de la historia de España.

1.3.2 Francisco Grande Covián

Francisco Grande Covián dedica su vida al estudio de la nutrición, siendo uno de los científicos más importantes del siglo XX. Además de sus innumerables aportes científicos en el área de la nutrición, fue un científico muy implicado con la sociedad y la problemática del hambre y la guerra (Llavona y Bandrés, 2003).

El análisis de la vida de Grande Covián permite trabajar en clases con diversas cuestiones: ¿Era un médico por herencia genética? ¿Qué acontecimientos políticos influyen en su vida? ¿Cuáles fueron los momentos claves de su vida que definen su área de investigación? ¿Qué aporta a la Guerra Civil española? ¿Qué lo motiva a realizar a sus descubrimientos? ¿Cuáles fueron sus áreas de investigación?

1.3.2.1 Los acontecimientos políticos definen la vida de un nutricionista.

Grande Covián nace el 28 de junio de 1909 en Colunga (Asturias), siendo el primero de los seis hijos de una familia de médicos. Ya sea por vocación o tradición familiar, Grande Covián decide estudiar Medicina. Estudia medicina en Madrid y durante este período en 1928, se publica un Real Decreto-Ley de Reforma Universitaria. En dicho decreto se propone un nuevo sistema de homologación de los títulos académicos universitarios, lo que provoca un amplio movimiento de protesta universitaria. Durante este conflicto Grande Covián decide trasladarse a la Universidad de Friburgo en Alemania, para cursar el equivalente de las asignaturas que debiera estar estudiando en Madrid (Llavona y Bandrés, 2003) (Figura 4). Allí sigue las enseñanzas de Anatomía Patológica con Aschoff, Fisiología Patológica con Eppinger, Farmacología con Jansen y Bioquímica con Kapfhamer. En 1931 se gradúa con Premio Extraordinario de licenciatura, y de 1932 a 1934 continúa su formación por Europa: Instituto de Zoofisiología de la Universidad de Copenhague (Dinamarca) con el profesor Krogh; Instituto de Fisiología de la Universidad de Lund (Suecia) con el profesor Thunberg; y University College de Londres con el profesor Sir Charles Lovatt Evans (de Oya Otero, 2019).

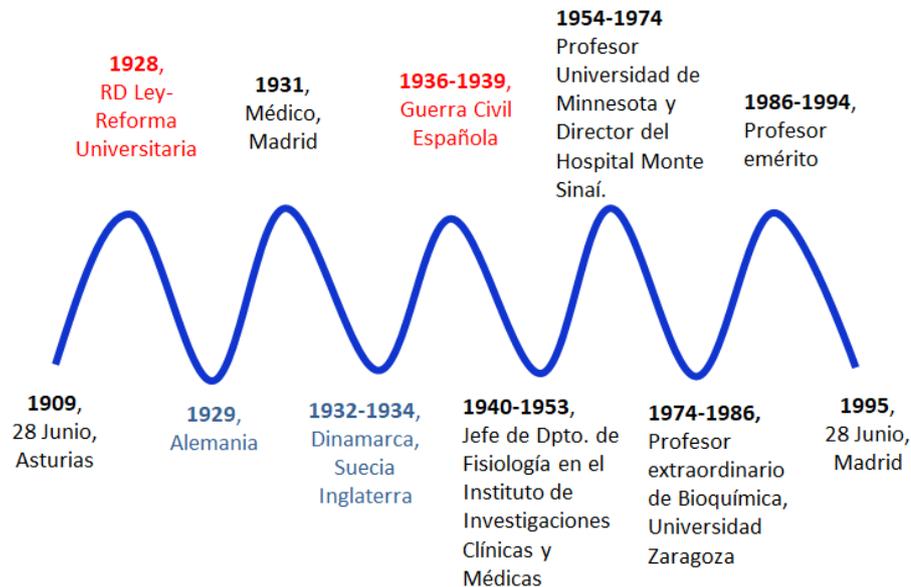


Figura 4. Principales acontecimientos en la vida de Grande Covián. En rojo se destacan los acontecimientos políticos que fuerzan giros inesperados en la carrera científica de Grande Covián y en azul se destaca la experiencia investigadora en distintos países de Europa.

Otro acontecimiento político que influye en la vida de Grande Covián fue la Guerra Civil Española, durante este periodo con la ayuda del doctor Jiménez García, se ocupa de tratar las alteraciones nutricionales de la población madrileña, con especial atención al tratamiento de la pelagra con ácido nicotínico, e identifica cuadros neurológicos no debidos a la carencia de esta vitamina, descritos por primera vez en una población europea. Durante este periodo de guerra, entre 1937 y 1939, fue subdirector del Instituto Nacional de Higiene de la Alimentación y contribuye a aliviar en buena medida el hambre de los madrileños. En esta época, además de trabajar en la pelagra, realiza estudios sobre el problema del latirismo debido al consumo de almortas (*lathirus sativus*) y también realiza numerosos ensayos epidemiológicos sobre el hambre, los cuales influyeron seguramente en su vocación por los estudios de la nutrición. Sus principales estudios se encuentran en tres principales áreas de trabajo (Gómez-Santos, 1992):

- ✓ el desarrollo de la hipótesis lipídica de la arteriosclerosis, incluyendo la proyección preventiva, al relacionar la incidencia de la mortalidad cardiovascular en los distintos países con la cantidad de grasa consumida. Los consejos derivados de la teoría lipídica han hecho descender la mortalidad cardioisquémica en los países desarrollados, salvando millones de vidas humanas.

- ✓ los estudios sobre el efecto de la restricción calórica y el ayuno sobre el metabolismo energético, la composición corporal y la capacidad física de los sujetos.
- ✓ los estudios de fisiología comparada, sobre los factores hormonales que intervienen en la movilización de ácidos grasos en mamíferos y aves.

En la figura 4 se muestran los diversos cargos ocupados por Grande Covián durante su prestigiosa trayectoria investigadora dedicada a la nutrición. Se incluye, en 1974 el regreso a España de Grande Covián donde continúa trabajando en la cátedra de bioquímica en la Universidad de Zaragoza.

Francisco solía decir que era médico por herencia genética, sin embargo a pesar de nacer en el seno de una familia acomodada, gran parte de sus investigaciones se centraron en los déficits nutricionales debidos a la hambruna, y sus investigaciones contribuyeron a aliviar el hambre de los madrileños durante la guerra y postguerra. El Dr. Grande Covián, fallece en Madrid en 28 junio de 1995 siendo sin duda uno de los científicos más importantes del siglo XX.

1.3.3 Severo Ochoa.

Severo Ochoa fue un investigador fascinado por la Bioquímica y la Biología Molecular, pudiendo considerarse el padre de la Biología Molecular en España ya que no solo ha estimulado el desarrollo de la investigación en esta área sino que ha formado a un gran número de investigadores en este campo.

El análisis de la vida de Ochoa permite trabajar en clases con diversas historias que responden: ¿Cuáles fueron sus orígenes? ¿Cuál era su mayor afición? ¿La admiración por Cajal es positiva en su vida? ¿Por qué abandona España? ¿Qué lo motiva a vivir en el extranjero? ¿Cómo descifra el código genético? ¿Se equivocaron al negarle un segundo Premio Nobel?

1.3.3.1 La importancia de la formación para un Nobel.

Nace en 1905 en Luarca (Asturias), rodeado de una naturaleza exuberante, y acostumbrado a los olores del campo, el canto de los pájaros y los organismos marinos del mar Cantábrico. Cursa la carrera de Medicina en la Universidad de Madrid, para acceder a la Biología. Además, era un gran admirador del científico Santiago Ramón y Cajal, por lo que tenía gran ilusión por conocerlo, pero al ingresar en la Facultad se encuentra con la reciente jubilación del admirado maestro al cual llegaría a comparar con Newton, Galileo o Pasteur.

Como muchos científicos/as, Severo Ochoa no era un científico recluido en un laboratorio, ya que tenía otros intereses ajenos a sus investigaciones. En este sentido, mostraba especial preocupación por cuestiones como la conservación del medio ambiente (Landeira, 2019). Otras de sus aficiones eran la música clásica, la pintura y el arte en general. Además, le gustaba mucho la fotografía y tenía una gran colección de puestas de sol tomadas desde Portizuelo y desde La Atalaya de Luarca (Morilla, 2019).

1.3.3.2 Historias desafortunadas de Premios Nobel.

En relación a su vocación y carrera científica, desde muy temprana edad fue un apasionado de la Biología experimental. Tal era su pasión por el trabajo experimental, que organiza un laboratorio en su propio apartamento durante sus estudios Medicina. En el tercer curso de carrera, acepta la invitación de Juan Negrín para incorporarse a su laboratorio, ser instructor de clases prácticas en el Departamento de Fisiología e iniciar su carrera investigadora. Una vez graduado en Medicina en 1958, prosigue su etapa formativa como científico buscando, en todo momento, trabajar junto a grandes maestros en ambientes científicos de excelencia:

- Otto Meyerhof (Premio Nobel de Medicina, en 1923), en Berlín.
- Otto Warburg (Premio Nobel de Medicina, en 1931), en Berlín.
- Harold Dudley y Henry Dale (Premio Nobel de Medicina, en 1936), en Londres.
- Carl y Gerty Cori (Premios Nobel de Medicina, en 1947), St. Louis, EE.UU.

En 1942, a los 37 años, da por finalizado su periodo de formación y animado por su esposa Carmen García Cobián, acepta una plaza en el Departamento de Medicina de la Universidad de Nueva York y comienza su propia carrera científica como investigador independiente. De su extensa producción científica se podrían destacar dos hallazgos sobresalientes: la ARN-polimerasa y el Código Genético. Respecto a estos importantes hallazgos existen una desafortunada historia sobre los premios Nobel (Fueyo, 2017) (Figura 5).

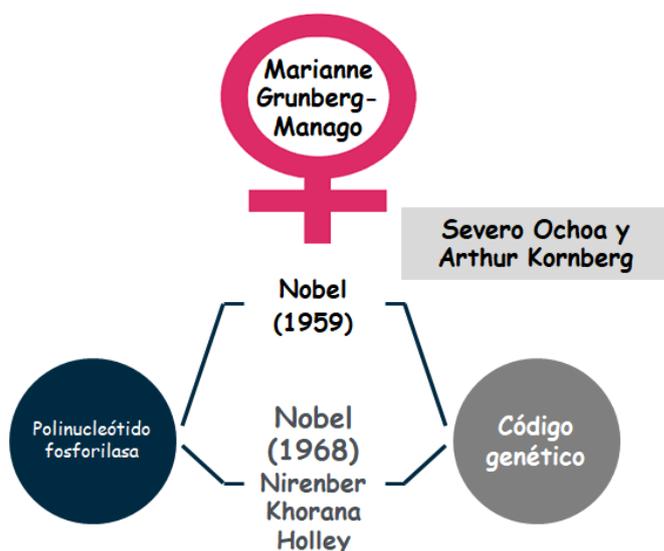


Figura 5. Historia injustas de Premios Nobel.

En 1959 se otorga el Premio Nobel a Ochoa y Kornberg, por haber logrado la síntesis *in vitro* del ARN y el ADN, respectivamente. Es de destacar la falta de reconocimiento del papel de la mujer en la ciencia, olvidándose y negándole el premio a Marianne Grunberg-Manago. En 1968, el Nobel del Código genético fue otorgado a Nirenberg, Khorana y Holley.

En 1955, Ochoa y la bioquímica Marianne Grunberg-Manago consiguen sintetizar por primera vez en un tubo de ensayo el ácido ribonucleico (ARN), con la ayuda de la enzima *polinucleótido fosforilasa* (ARN-polimerasa), descubierta y purificada previamente en su laboratorio. Por este descubrimiento, Severo Ochoa fue galardonado con el Premio Nobel de Fisiología y Medicina, pero le fue negado a la franco rusa Marianne Grunberg-Manago. Posteriormente, y gracias al enorme gran descubrimiento de esta enzima, Severo Ochoa y otros laboratorios comienzan a trabajar en el complejo desciframiento del código genético. Sin embargo a Severo Ochoa no se le reconoce su gran papel en este proyecto y le es negado el Premio Nobel, siendo otorgado a otros investigadores (Figura 5)

A pesar de desarrollar su carrera científica en los EEUU, tenía gran preocupación e interés porque España alcanzara el nivel científico de los países europeos más avanzados y por ello crea:

1. Sociedad Española de Bioquímica (SEB), actualmente la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM).
2. CBMSO (Centro de Biología Molecular Severo Ochoa), centro de excelencia para impulsar la investigación en Biología Molecular.
3. La Fundación Carmen y Severo Ochoa (tras su fallecimiento)

Se jubila en 1974 y aceptando la invitación de los laboratorios Hoffmann-La Roche, en Nutley, New Jersey, traslada con su equipo al Instituto Roche de Biología Molecular. Desde 1977, dirige también un grupo de investigación en el CBMSO de Madrid, que se creó gracias a su entusiasmo y apoyo. En 1986, regresa definitivamente a España, al CBMSO, donde continúa su labor investigadora. Fallece el 1 de noviembre de 1993 (de Haro, 2019).

1.3.4 Margarita Salas

Margarita Salas, junto a su marido Eladio Viñuela, iniciaron el desarrollo de la Biología Molecular en España. Su estudio sobre el virus bacteriano Phi29 ha permitido conocer cómo funciona el ADN, y los mecanismos implicados en la síntesis de proteínas, incluyendo las relacionadas con la formación de un virus funcional. Además, se destacan dos grandes aportes científicos: descubrimiento de la ADN polimerasa del phi29 y sus aplicaciones biotecnológicas, siendo la patente biotecnológica más rentable hasta la fecha de España (Figura 6).

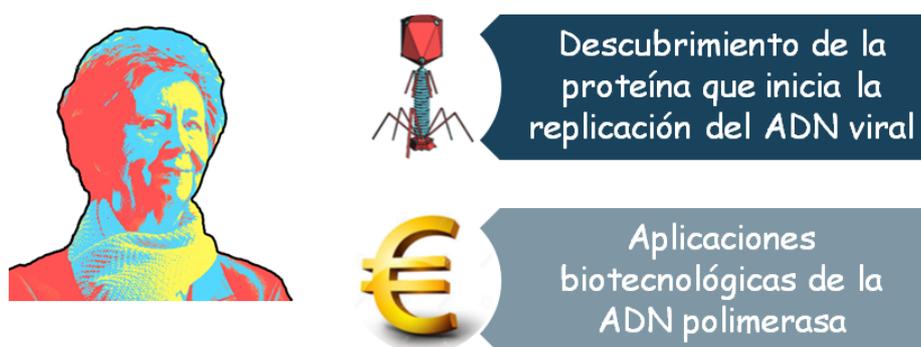


Figura 6. Grandes aportes científicos de Margarita Salas. Descubrimiento de la polimerasa del phi29 y sus aplicaciones biotecnológicas.

El análisis de la vida de Margarita permite trabajar en clases con diversas preguntas para crear historias: ¿Tuvo una educación distinta por ser mujer? ¿Con la vocación se nace o se hace? ¿Fue siempre una mujer segura en la toma de decisiones? ¿Qué influencia tuvo Severo Ochoa en su vida? ¿Fue una mujer afortunada en su desarrollo como científica o tuvo que pelear para conseguir darse a valer? ¿Por qué se separa de su marido profesionalmente? ¿Durante que etapas en su vida siente que la discriminan como mujer? ¿Cuál ha sido su mayor aporte a la ciencia?

1.3.4.1 *La vocación científica no nace, se hace.*

Margarita nació en noviembre de 1938 en un pueblecito de la costa asturiana llamado Canero. Sin embargo al año de edad, se traslada junto a su familia a Gijón y viven en la primera planta del sanatorio psiquiátrico que tenía su padre. En el exterior, el centro contaba con un jardín con una cancha de tenis en la que Margarita desarrollaría su gran afición hacia este deporte. En lo referido a su formación, sus padres siempre tuvieron muy claro que sus tres hijos tenían que hacer una carrera universitaria y, en consecuencia, las hermanas no sufrieron ningún tipo de discriminación respecto a su hermano varón.

Margarita se educa en un colegio de monjas desde los tres años hasta finalizar los seis años de bachiller. En el centro se daba una formación muy completa tanto en humanidades como en ciencias y a Margarita le gustaban ambas (Morrón, 2019).

Margarita a lo largo de su formación como estudiante no tenía claro que estudiar, por lo que muchas veces tuvo que enfrentarse a la toma de decisiones en el último momento (ver tabla 1). Margarita es del criterio que la vocación científica no nace, se hace.

Tabla 1. Indecisiones en la vida de Margarita Salas.

Periodo	Indecisión	Decisión
<i>Curso preuniversitario que debía hacer para acceder a la universidad</i>	<i>Humanidades o Ciencias</i>	<i>Ciencias</i>
<i>Escoger carrera</i>	<i>Ciencias Químicas o Medicina</i>	<i>Curso selectivo que le valdría para ambas carreras</i>
<i>Escoger carrera</i>	<i>Ciencias Químicas o Medicina</i>	<i>Química</i>
<i>Área de investigación futura</i>	<i>Química Orgánica o Bioquímica</i>	<i>Bioquímica</i>

Finalmente se decidió por la carrera de Química, y al conocer a Severo Ochoa despierta su interés por la Bioquímica. Severo Ochoa ha sido clave en la carrera investigadora de Margarita, por un lado le facilita realizar la tesis doctoral en el grupo de Alberto Sols y por otro lado le permite realizar una estancia postdoctoral en su laboratorio en la Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva York. Ambas etapas investigadoras son para Margarita como las dos caras de una moneda. Durante la tesis doctoral sufre las consecuencias negativas por ser mujer, y debido a la desconfianza en la mujer científica se le ofrece un tema de trabajo sin demasiado interés. Sin embargo, en los 3 años de trabajo en el laboratorio de Ochoa, Margarita nunca se sintió discriminada por ser mujer y se le permitió desarrollar su propia personalidad científica. Posteriormente, a pesar de las dificultades científicas que existían en España, Margarita decide regresar junto con su esposo Eladio. Ambos deciden desarrollar la Biología Molecular y para ello trabajan en un único tema, el estudio del fago Phi29. Una vez más, Severo Ochoa les ayuda y consigue financiación de la *Memorial Fund for Medical Research* puesto que en España no había dinero para investigación (Morrón, 2019).

1.3.4.2 Una científica discriminada por ser mujer.

Otra dura etapa en la vida de Salas que fue discriminada por su género, fue durante los inicios de la formación de su grupo de investigación un laboratorio todavía por equipar

junto a Eladio. Por un lado, los seis doctorandos de su laboratorio fueron hombres porque ninguna mujer había solicitado realizar la tesis doctoral y las únicas mujeres que formaron parte de su grupo fueron dos técnicas de laboratorio. Además, sus logros no eran reconocidos como propios y solo era reconocida por ser la mujer de Eladio Viñuela. Por ello en 1970, ambos investigadores deciden separar sus proyectos de investigación y la investigación del Phi29 queda exclusivamente bajo la dirección de Margarita. Entre los descubrimientos más importantes, se destaca lo que supuso el descubrimiento de un nuevo mecanismo de inicio de la replicación del material genético por la ADN polimerasa del Phi29. Esta enzima fue patentada hasta el 2009, siendo la patente más valiosa para el CSIC.

A pesar que Margarita se ha negado a ocupar puestos científicos administrativos, en 1988, comienza a aceptarlos, entre ellos se incluyen:

- Presidencia de la Sociedad Española de Bioquímica, en 1988
- Dirección del Instituto de Biología Molecular del CSIC en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa, en 1988
- Dirección del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa, en 1992
- Presidencia de la Fundación Severo Ochoa, en 1997
- Miembro de la Junta de Gobierno y del Consejo Rector del CSIC.
- Miembro del Comité Científico Asesor del *Max-Planck Institut für Molekulare Genetik* de Berlín, de 1989-1996,
- Académica de la RAE desde 2003
- primera mujer española en ingresar en la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, en 2007
- Dirección y fundadora de la XVII Escuela de Biología Molecular Eladio Viñuela, en 2016

Margarita considera que en los últimos tiempos ya no se ha visto discriminada por su género, sino por su edad. Actualmente se encuentra jubilada y la única manera de seguir investigando a los setenta años ha sido el gracias al nombramiento como profesora *ad honorem* del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa por parte del CSIC (Morrón, 2019).

Margarita Salas es todo un referente de la investigación en España, ha sido reconocida con numerosas distinciones y es la única mujer que tiene su figura en la galería de la ciencia en el Museo de Cera de Madrid. Ella considera que nunca le han dado un premio por el mero hecho de ser mujer y que su puesto en la sociedad se lo ha ganado con esfuerzo y trabajo.

1.4 Planteamiento del problema de investigación.

La educación en ciencias es más que la enseñanza de un cúmulo de datos, fórmulas e informaciones con poco sentido para los estudiantes. De manera, que existe un gran desafío

en la enseñanza de las ciencias para que los estudiantes puedan adquirir mejor conocimiento científico sin que la enseñanza este centrada solo en los conceptos científicos abstractos.

Se considera de gran interés incrementar la motivación del alumnado por las ciencias, mediante la impartición de contenidos que sean más interesantes y atractivos. En este sentido este trabajo propone vincular los contenidos curriculares de la Biología y Geología con la biografía de cuatro científicos/as españoles: Ramón y Cajal, Severo Ochoa, Grande Covián y Margarita Salas. Para ello, se ha realizado un análisis de sus biografías teniendo en cuenta los diferentes momentos de la historia que les ha tocado vivir. Especialmente, se han analizado sus antecedentes personales, los obstáculos vencidos durante sus vidas, así como, su lucha durante la construcción de su conocimiento científico para ser utilizado como recursos didácticos motivacionales en la enseñanza de la Biología y Geología.

Es de destacar que el enfoque de la nueva metodología propuesta, también plantea desarrollar la competencia científica en una enseñanza-aprendizaje por investigación a partir del conocimiento de la vida de los investigadores. Según el enfoque propuesto por Franco-Mariscal (2015), la competencia científica tiene siete dimensiones. Estas dimensiones serán trabajadas tanto con los contenidos curriculares establecidos como con la biografía de los personajes científicos de modo que el alumnado adquiera cultura científica y comprenda que la ciencia está al alcance de todos. La siguiente tabla ejemplifica las aportaciones del nuevo enfoque biográfico a las dimensiones científicas.

Tabla 2. Relación entre las distintas dimensiones de competencia científica y el nuevo enfoque didáctico sobre las biografías de los investigadores para el estudio de las funciones vitales en la asignatura de Biología y Geología.

Dimensiones	Aportaciones
Planteamiento de la investigación.	Trabajo con la biografía y noticias relacionadas con los científicos/as.
Manejo de la información.	Realización de actividades de investigación mediante el uso de fuentes de información digitales relacionadas, así como, el análisis de artículos científicos o divulgativos, de noticias relacionadas con los científicos/as lo que permitirá familiarizarse con el vocabulario científico.

Planificación y diseño de la investigación.	Desarrollo de actividades que partan de preguntas abiertas sobre las experiencias de los investigadores, con el fin de que el alumnado formule hipótesis, y asociaciones con los contenidos curriculares correspondientes al curso.
Recogida y procesamiento de datos.	Realización de tareas sobre cultura científica y asociaciones con los contenidos curriculares correspondientes al curso.
Análisis de datos y emisión de conclusiones.	Desarrollo de actividades que permitan el análisis de los descubrimientos de los investigadores, con el fin de que el alumnado extraiga las correspondientes conclusiones
Comunicación de resultados.	Elaboración de documentos digitales, que incluye información de los investigadores, para su posterior exposición y comunicación de conclusiones en el aula o fuera de ella.
Actitud o reflexión crítica y trabajo en equipo.	Planteamiento de las actividades de forma grupal, y con el desarrollo de pensamiento crítico.

Dicha metodología está basada en analizar la vida de cuatro científicos/as españoles en diferentes contextos históricos, con diversas maneras de enfrentar la ciencia, distintas áreas de investigación, para favorecer el aprendizaje de las ciencias desde la indagación en sus vidas, de sus logros y adversidades.

2 Objetivos.

En este trabajo se propone una nueva metodología que consiga combinar la educación científica con los contenidos curriculares de la Biología y Geología. Para ello la propuesta está basada en la utilización de las biografías de cuatro investigadores españoles, como instrumento motivacional en el estudio de las funciones vitales. Los principales objetivos de esta propuesta metodológica innovadora son:

- Estimular la motivación y el rendimiento académico del alumnado en el aprendizaje de la Biología.
- Analizar los aspectos personales de los científicos/as, durante la construcción de su conocimiento científico.
- Facilitar la enseñanza de la Biología vinculada con la cultura científica.
- Inspirar a las futuras generaciones de científicos/as mediante las luchas humanas detrás de la ciencia.

3 Método y procedimiento.

La propuesta metodológica utiliza como modelo las experiencias de cuatro investigadores españoles y se ha realizado para los cursos de 3º ESO y 2º Bachillerato. En estos cursos los contenidos seleccionados, relacionado con las funciones vitales, se corresponden con las áreas de investigación y descubrimientos científicos más relevantes de los 4 científicos/as: Ramón y Cajal, Grande Covián, Severo Ochoa y Margarita Salas (Figura 7). Es de destacar, que en la propuesta educativa se han incorporado historias de la juventud, aficiones y distintas experiencias personales que servirán para conocerles mejor y comprender que la ciencia está al alcance de todos.



Figura 7. Científicos y científica española como recurso didáctico para la enseñanza de la Biología y Geología. La relación de los contenidos curriculares con las funciones vitales ha sido: Francisco Grande Covián para la función de nutrición; Santiago Ramón y Cajal para la función de relación y Severo Ochoa y Margarita Salas para la función de reproducción.

La metodología será activa y se trabaja en equipos, que es un reflejo del modo de trabajo de la ciencia. Para ello se formarán grupos cooperativos, con distribución de roles, y en honor a los cuatro investigadores españoles, los equipos serán nombrados: Equipo Margarita Salas, Equipo Severo Ochoa, Equipo Grande Covián y Equipo Ramón y Cajal.

En la tabla 3 se muestran por investigador/a, una selección de los acontecimientos personales y profesionales que se han considerado importantes para ser utilizados como recursos didácticos en la impartición de los contenidos curriculares de los cursos seleccionados.

Tabla 3. Acontecimientos relevantes en la vida de los investigadores que han sido seleccionados para favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología y Geología.

Científicos/as	Biografía
Ramón y Cajal	<p>Orígenes humildes, y criado entre labradores analfabetos.</p> <p>Escaso rendimiento escolar e indisciplinas juveniles.</p> <p>Hazaña de un padre analfabeto.</p> <p>Destrezas de un barbero en los cortes histológicos.</p> <p>Dibujos de las neuronas como herramientas de estudio.</p>
Grande Covián	<p>Médico por vocación o herencia genética.</p> <p>Acontecimiento político que influye en sus estudios de Medicina.</p> <p>Experiencia investigadora en distintos países europeos.</p> <p>Influencia de la Guerra Civil española en su carrera científica.</p> <p>Estudios sobre las alteraciones nutricionales de la población madrileña durante la guerra y postguerra.</p>
Severo Ochoa	<p>Orígenes rurales.</p> <p>Temprana vocación por la Biología experimental.</p> <p>Admiración por Ramón y Cajal.</p> <p>Concepción sobre la formación en ambientes científicos de excelencia.</p> <p>Desarrollo de su carrera científica en los EEUU</p> <p>Historia de Premios Nobel.</p> <p>Descubrimientos de la ARN polimerasa.</p> <p>Estrategias para el desciframiento del código genético.</p>
Margarita Salas	<p>Dificultades por ser mujer.</p> <p>Indecisiones vocacionales.</p> <p>Consecuencias por conocer a Severo Ochoa.</p> <p>Descubrimiento de la ADN polimerasa.</p> <p>Aportaciones biotecnológicas de sus descubrimientos.</p>

Los contenidos curriculares y las propuestas para el estudio de las funciones vitales relacionadas para cada investigador, se muestran en el siguiente mapa conceptual (Figura 8).

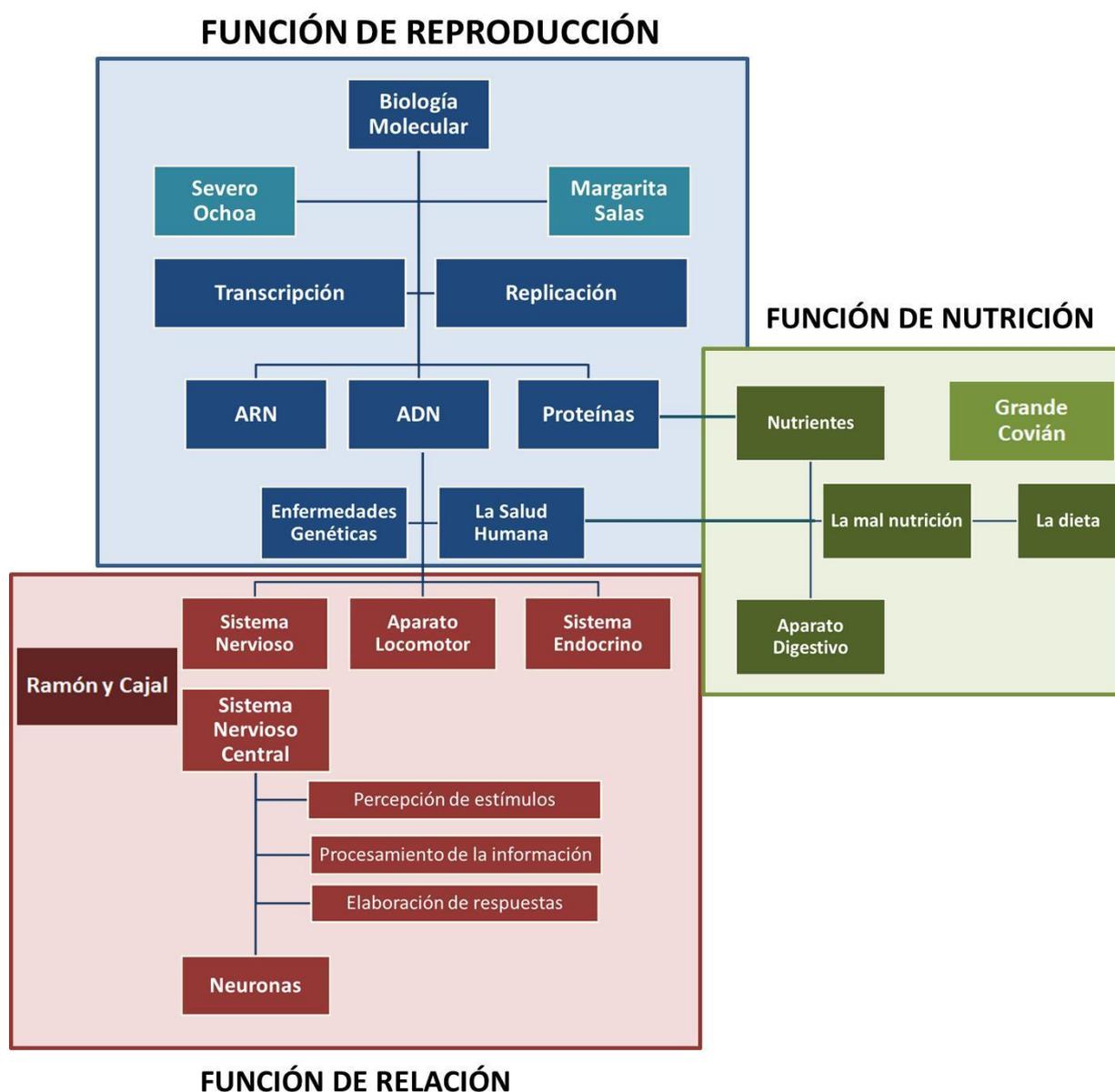


Figura 8. Mapa conceptual de los contenidos curriculares de las funciones vitales y su relación con los científicos/as españoles. Las funciones vitales relacionadas para cada investigador son Francisco Grande Covián para la función de nutrición relacionada con la alimentación; Santiago Ramón y Cajal para la función de relación relacionada con el control del cuerpo por parte del cerebro y del sistema nervioso; y Severo Ochoa y Margarita Salas para la función de Reproducción a nivel celular relacionada con la duplicación del ADN y trasmisión de la información genética.

Las propuestas se han elaborado basándose en la publicación del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y el Decreto 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias.

3.1 Propuesta metodológica para la asignatura de Biología y Geología del curso 3º ESO.

En este curso se pretende realizar un análisis de las funciones vitales, a través de las vivencias y de los diversos descubrimientos de dos científicos españoles. Es de destacar que se ha planteado como contenido transversal el conocimiento de la vida y los descubrimientos de los dos científicos/as, lo cual permite desarrollar y diseñar en clases durante todo el curso actividades de investigación relacionadas con las funciones vitales. Por otro lado, las funciones vitales relacionadas para cada investigador son: Francisco Grande Covián para la función de nutrición relacionada con la alimentación y Santiago Ramón y Cajal para la función de relación relacionada con el control del cuerpo por parte del cerebro y del sistema nervioso (Figura 8). Es importante tener en cuenta que tanto el conocimiento de la vida y descubrimientos de Grande Covián como los de Ramón y Cajal, se han programado como contenidos transversales. Además, también serán contenidos transversales, los correspondientes al criterio 1 de evaluación (Tabla 4).

Tabla 4. Criterio de evaluación 1 y contenidos transversales del curso de 3º ESO.

<p>Criterio 1. Planificar y realizar de manera individual o colaborativa proyectos de investigación relacionados con la salud o el medio natural aplicando las destrezas y habilidades propias del trabajo científico, a partir del análisis e interpretación de información previamente seleccionada de distintas fuentes así como de la obtenida en el trabajo experimental de laboratorio o de campo, con la finalidad de formarse una opinión propia, argumentarla y comunicarla utilizando el vocabulario científico y mostrando actitudes de participación y de respeto en el trabajo en equipo.</p>
<p>Contenidos:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Aplicación de las destrezas y habilidades propias de los métodos de la ciencia.2. Uso del vocabulario científico para expresarse con precisión y argumentar sobre problemas relacionados con el medio natural y la salud.3. Planificación y realización autónoma de trabajo experimental de laboratorio o de campo.4. Desarrollo de actitudes de respeto hacia instrumentos, materiales y normas de seguridad en el laboratorio.5. Obtención de información a partir de la selección y recogida de muestras del medio natural. Manejo de la lupa binocular y el microscopio óptico.6. Utilización de las tecnologías de la información y la comunicación para la búsqueda, selección e interpretación de información de carácter científico, y la presentación de conclusiones.7. Empleo de estrategias para el fomento de la cohesión de grupos cooperativos y la consecución de objetivos (toma de decisiones, asunción de responsabilidades, definición de metas, perseverancia...).8. Diseño, realización y defensa de proyectos de investigación, con asunción de la crítica, aceptación de sugerencias y participación en procesos de coevaluación.

3.1.1 La función de Nutrición bajo la mirada de Francisco Grande Covián.

La función de Nutrición se propone ser impartida como una unidad didáctica, utilizando tanto las vivencias personales como los descubrimientos de Grande Covián. Las actividades a desarrollar en clase también incluyen implicaciones sociales y responden a diversas preguntas que permiten conocer en profundidad a este importante científico español (Tabla 5 y apartado 1.3.2).

Tabla 5. Función de Nutrición con Grande Covián.

BLOQUE DE APRENDIZAJE VI: LAS PERSONAS Y LA SALUD. PROMOCIÓN DE LA SALUD	
<p>Criterios de evaluación 4.</p> <p>Establecer la diferencia entre nutrición y alimentación, distinguir los principales tipos de nutrientes y sus funciones básicas, relacionando las dietas con la salud a partir de ejemplos prácticos de su contexto cercano, así como realizar pequeñas investigaciones acerca de los trastornos alimentarios y las enfermedades más habituales en los aparatos relacionados con la nutrición, con la finalidad de adoptar hábitos de alimentación, de higiene y de actividad física saludables. Explicar a través de esquemas gráficos variados los procesos relacionados con la función de nutrición humana, identificar los componentes de los aparatos involucrados, describir su funcionamiento y asociar cada aparato con la fase del proceso que realiza.</p> <p>Con este criterio se pretende comprobar que el alumnado es capaz de discriminar entre nutrición y alimentación, de reconocer las funciones que cada nutriente desempeña en el organismo y de realizar indagaciones sobre los hábitos alimenticios saludables para elaborar, de manera individual o colaborativa, dietas equilibradas para diferentes situaciones cotidianas (deportistas, estudiantes, embarazadas...) a partir de tablas de alimentos en las que figuren los nutrientes y su valor calórico. Asimismo, se trata de comprobar que los alumnos y las alumnas identifican, a partir de gráficos, esquemas, modelos, simulaciones, etc., los componentes de los sistemas y aparatos que intervienen en el proceso de la nutrición humana (digestivo, circulatorio, respiratorio y excretor) y describen de forma general el funcionamiento de los mismos y su contribución al proceso de la nutrición. Finalmente, se trata de verificar si realizan investigaciones sencillas, basándose en fuentes científicas y divulgativas, acerca de las enfermedades más frecuentes de los órganos, aparatos y sistemas implicados en la nutrición, así como sobre sus causas, especialmente las relacionadas con determinados hábitos en la alimentación tales como la diabetes, anemia, obesidad, arteriosclerosis..., y su relación con la higiene y el ejercicio físico, argumentando la necesidad de adoptar hábitos de vida que favorezcan el buen funcionamiento del organismo y contribuyan a mantener un buen estado de salud.</p>	
<p>Contenidos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diferenciación entre alimentación y nutrición. 2. Categorización de los nutrientes principales en relación a su función (plástica, reguladora, energética) 3. Elaboración de dietas equilibradas adecuadas a diferentes parámetros corporales, situaciones y edades, con utilización de balances calóricos, gasto energético diario, cálculo del IMC, porcentaje de nutrientes y otros. 	<p>Estándares de aprendizaje.</p> <ol style="list-style-type: none"> 53. Discrimina el proceso de nutrición del de la alimentación. 54. Relaciona cada nutriente con la función que desempeña en el organismo, reconociendo hábitos nutricionales saludables. 55. Diseña hábitos nutricionales saludables mediante la elaboración de dietas equilibradas, utilizando tablas con diferentes grupos de alimentos con los nutrientes principales presentes en ellos y su valor calórico.

<p>4. Realización de investigaciones acerca de los hábitos alimenticios saludables y los trastornos de la conducta alimentaria.</p> <p>5. Análisis de las causas de las enfermedades más frecuentes relacionadas con la función de nutrición. Valoración de los hábitos de vida saludables como medio de prevención.</p>	<p>56.Valora una dieta equilibrada para una vida saludable.</p> <p>57.Determina e identifica, a partir de gráficos y esquemas, los distintos órganos, aparatos y sistemas implicados en la función de nutrición relacionándolo con su contribución en el proceso.</p> <p>58.Reconoce la función de cada uno de los aparatos y sistemas en las funciones de nutrición.</p> <p>59.Diferencia las enfermedades más frecuentes de los órganos, aparatos y sistemas implicados en la nutrición, asociándolas con sus causas.</p>
<p>Contenidos transversales Conocimiento de la vida y descubrimientos de Grande Covián (ver apartado 1.3.2). Relación con Grande Covián. Trabajo de investigación e indagación sobre las enfermedades carenciales más frecuentes durante la Guerra Civil Española y comparación con la dieta mediterránea (contenidos 1-3). Trabajo por competencias: “Dietas europeas”, análisis de las dietas de diferentes países visitados por Grande Covián con especial interés en la identificación de nutrientes contenidos en los alimentos típicos de cada país (contenidos 3 y 4). Actividad ¿Cómo influyen los hábitos saludables en la salud cardiovascular?, serán utilizados los estudios sobre la hipótesis lipídica de la arteriosclerosis para analizar (contenido 5). Lecturas posibles: “En busca de la dieta Ideal” de Grande Covián.</p>	
<p style="text-align: center;">Competencias CMCT, AA, CSC, CL</p>	

3.1.2 Santiago Ramón y Cajal, el sistema nervioso y la función de Relación.

La propuesta metodológica para la función de Relación durante el curso abarca varios criterios de evaluación (Tabla 6). En relación a la vida y obra de Ramón y Cajal, se propone la realización de un proyecto de investigación que incluye como eje central los descubrimientos de Cajal y el sistema nervioso. No obstante en dicho proyecto, a través de anécdotas de la vida de Cajal, se propone impartir contenidos no solo relacionados con el procesamiento de la información por el sistema nervioso sino se propone trabajar todas las etapas de la función de relación como son la percepción de los estímulos y la respuesta. La figura 8 muestra un ejemplo de la utilización de los dibujos de Cajal en la realización de un trabajo de investigación sobre su vida que será expuesto al alumnado de 1º ESO en la asignatura de Biología y Geología.

Tabla 6. Función de Relación con Ramón y Cajal.

BLOQUE DE APRENDIZAJE VI: LAS PERSONAS Y LA SALUD. PROMOCIÓN DE LA SALUD	
<p>Criterio 5. Construir una visión global de la misión integradora y de coordinación del sistema nervioso y del sistema endocrino, relacionándolos funcionalmente, así como describir sus alteraciones más frecuentes y su cuidado, e indagar en fuentes diversas sobre los factores que repercuten negativamente en la salud, identificar las conductas de riesgo y sus consecuencias, elaborando propuesta de prevención y control, con la finalidad de contribuir a su crecimiento personal y social.</p> <p>Criterio 6. Localizar, con el apoyo de recursos de distinto tipo, los principales componentes que integran el aparato locomotor, establecer las relaciones funcionales entre huesos y músculos, así como los mecanismos de control que ejerce el sistema nervioso, y describir las lesiones más frecuentes, proponiendo acciones preventivas, mediante la consulta y el análisis de fuentes diversas, en un contexto de colaboración, con la finalidad de adquirir hábitos de respeto y cuidado hacia su cuerpo.</p>	
<p>Contenidos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Descripción de la organización y las funciones del sistema nervioso y sistema endocrino. 2. Reconocimiento de la relación entre sistema nervioso y endocrino mediante la indagación de algún caso cotidiano. 3. Categorización de los tipos de receptores sensoriales y asignación de los órganos de los sentidos. 4. Análisis de las causas, los factores de riesgo y la prevención de las enfermedades más frecuentes del sistema nervioso. 5. Defensa de planteamientos, ideas y argumentos frente a otras personas, con asunción de la crítica, aceptación de sugerencias. 6. Categorización de los tipos de músculos según su contracción y relación con el sistema nervioso que los controla. 	<p>Estándares de aprendizaje.</p> <ol style="list-style-type: none"> 61. Especifica la función de cada uno de los aparatos y sistemas implicados en la funciones de relación. 62. Describe los procesos implicados en la función de relación, identificando el órgano o estructura responsable de cada proceso. 63. Clasifica distintos tipos de receptores sensoriales y los relaciona con los órganos de los sentidos en los cuales se encuentran. 64. Identifica algunas enfermedades comunes del sistema nervioso, relacionándolas con sus causas, factores de riesgo y su prevención. 68. Diferencia los distintos tipos de músculos en función de su tipo de contracción y los relaciona con el sistema nervioso que los controla.
<p>Contenidos transversales</p> <p>Conocimiento de la vida y descubrimientos de Santiago Ramón y Cajal (ver apartado 1.3.1).</p> <p>Relación con Santiago Ramón y Cajal.</p> <p>Actividad El arte de Cajal, análisis de sus dibujos para comprender las neuronas y la trasmisión del impulso nervioso (contenido 1).</p> <p>Trabajo de investigación e indagación sobre las claves del éxito en la vida de Cajal que será expuesto al alumnado de 1º ESO (contenido transversal, ver figura 9).</p> <p>Actividad. “Anécdotas de un niño inquieto”. Se analizan dos experiencias de Cajal que serán utilizadas como casos prácticos para identificación de los tipos de músculos según su contracción y relación con el sistema nervioso que los controla (contenidos 2, 3, 6).</p> <p>Estudios sobre enfermedades comunes del sistema nervioso, relacionándolas con sus causas, factores de riesgo y su prevención (contenidos 4,5).</p> <p>Taller de estudiantes de 2º Bachillerato, donde se exponen los trabajo investigativo sobre enfermedades hereditarias asociadas con varios sistemas, incluido el sistema nervioso. Además los trabajos vinculan datos de la vida de Margarita Salas y Severo Ochoa (contenido 4).</p> <p>Lecturas posibles: “Cajal y sus dibujos: ciencia y arte” de Javier de Felipe.</p>	

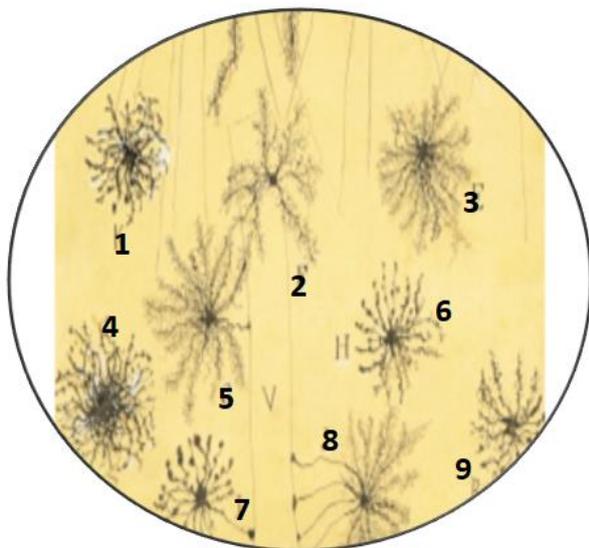


Figura 9 El Arte de Cajal y las claves en su vida.

Dibujo realizado por Cajal para ilustrar las células neurogliales impregnadas con el método de Golgi. Los dibujos de cada célula representan diferentes etapas de la vida de Cajal que se consideran claves de su éxito como científico.

Claves: 1.Fracaso escolar, 2.Hazaña de un padre analfabeto, 3.Aprendiz de barbero, 4.Médico militar, 5.Mirada al microscopio, 6.Artesano de la Ciencia, 7.Revolucionario en ideas, 8.Lucha por el reconocimiento científico europeo, 9.Descubrimiento de las neuronas.

(Figura modificada, De Felipe, 2005; p. 217)

3.2 Propuesta metodológica para el curso 2º Bachillerato.

La función vital elegida en la propuesta para este curso es la función de Reproducción a nivel celular, específicamente en se ha profundizado en la etapa de duplicación y transmisión de la información genética que asegura la continuidad de los seres vivos. La asignatura elegida ha sido Biología Humana (Tabla 7), aunque la propuesta se considera igualmente factible para la asignatura de Biología.

Tabla 7. Función de Reproducción con Severo Ochoa y Margarita Salas.

BLOQUE DE APRENDIZAJE VI: GENÉTICA Y EVOLUCIÓN HUMANA

Criterios de evaluación 6. Reconocer los mecanismos básicos de la transmisión de los caracteres hereditarios y aplicarlos a la herencia en humanos; y realizar indagaciones acerca de los últimos avances en ingeniería genética, así como de las alteraciones genéticas más relevantes, y relacionarlas con las mutaciones y los agentes que las causan. Reconocer los mecanismos de la evolución de la especie humana, con el fin de asumir la igualdad de su origen y las diferencias individuales entre las personas.

Con este criterio se pretende evaluar si el alumnado aplica los mecanismos básicos de transmisión de los caracteres hereditarios a ciertas enfermedades comunes en la especie humana; si diseña, realiza, expone indagaciones acerca de las aplicaciones más importantes de la ingeniería genética (terapia génica, secuenciación del genoma humano, aplicación de células madre, prevención de enfermedades como determinados tipos de cánceres, diagnóstico prenatal de alteraciones y malformaciones congénitas...) y argumenta acerca de sus implicaciones éticas. También se pretende comprobar si el alumnado identifica los agentes mutagénicos y las enfermedades que puedan causar, y si relaciona las mutaciones y las otras fuentes de variabilidad genética con la evolución de la especie humana, de manera que reconozca en sí mismo y en las demás personas la unidad y la variabilidad de nuestra especie.

<p>Contenidos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar las funciones de los diferentes componentes implicados en la replicación del ADN. 2. Identificar las mutaciones génicas. 3. Manejo adecuado del código genético. 4. Investigar las aplicaciones de la terapia génica. 5. Indagación sobre los tratamientos de terapia génica, enfermedades y alteraciones genéticas en humanos, y acerca de los factores que pueden incidir en su aparición. 6. Procedimientos para la búsqueda y procesamiento de la información científica. 7. Respetar correctamente las normas de conducta en clases y cooperar con el grupo de trabajo. 8. Conocimiento adecuado sobre la ética de la clonación humana. 	<p>NO tiene estándares de aprendizaje</p>
<p>Contenidos transversales Conocimiento de la vida y descubrimientos de Severo Ochoa y Margarita Salas (ver apartado 1.3.3 y 1.3.4). Relación con Severo Ochoa y Margarita Salas. Actividad “Actrices y actores”, para conocer el escenario de la replicación del ADN y los descubrimientos de las polimerasas por los investigadores (contenido 1). Actividad “Vamos a conseguir un premio Nobel”, se aplica el método científico y analiza la importancia del descubrimiento de la ADN polimerasa de Margarita Salas y sus aplicaciones en la terapia génica (contenidos 1, 4). Trabajo en clases con ejercicios utilizando el código genético y las mutaciones génicas. Incluye la incorporación de frases de MS y SO. Se analizan las historias desafortunadas de premios Nobel (ver apartado 1.2.3) (contenidos 2, 3). Trabajo investigativo sobre enfermedades hereditarias y su vínculo con los investigadores (contenido 5-7). Video de MS y otra investigadora para la visita virtual a un laboratorio de Biología Molecular. También se explican los conceptos de clonación terapéutica y reproductiva y se analizan las cuestiones éticas (contenido 8). Juego escalera de ADN, se consolidan los conocimientos adquiridos y se debaten cuestiones sobre la vida de los investigadores (contenidos 1- 8). Lecturas posibles: artículos científicos. Prácticas de laboratorio. Extrae tu propio ADN. Incluye el análisis de la importancia de la síntesis de los ácidos nucleicos en el laboratorio y su relación con los descubrimientos de Severo Ochoa</p>	
<p align="center">Competencias CMCT, AA, CSC, CL, CD,SIEE</p>	

4 Resultados y discusión.

4.1 Investigación en el IES San Juan de la Rambla.

La estrategia a seguir para el diseño de la propuesta de intervención que se ha realizado y/o propuesto en el IES San Juan de la Rambla, ha tenido en cuenta varias cuestiones: las ideas previas del alumnado sobre las características que debe poseer un científico/a, las inclinaciones para continuar estudios superiores, los conocimientos sobre la vida de los científicos/as y sus descubrimientos. En primer lugar, se ha realizado un cuestionario inicial para los alumnos/as de 2º Bachillerato inscritos en la asignatura de Biología Humana y en segundo lugar se ha realizado un cuestionario de investigación para los cursos de 1, 3 y 4º ESO, así como, para el alumnado de ciencias de 1º Bachillerato (Anexo I). En total, los cuestionarios se han realizado con 68 estudiantes, 51 son de los cursos de la ESO y 17 de los bachilleratos de ciencias. Específicamente, 16 estudiantes de 1º ESO, 14 de 3º y 21 de 4º ESO. El número de estudiantes de bachillerato es menor, siendo 8 alumnos/as en 1º Bachillerato y 9 en segundo curso.

Tabla 8 Opiniones del alumnado del IES San Juan de la Rambla en lo referido al estudio de las Ciencias. Los datos son representados en %, referidos a las respuestas positivas del alumnado sobre las distintas opciones.

Respuestas sobre la dificultad de estudiar ciencias				
Curso	Imposible (%)	Difícil (%)	Difícil pero posible (%)	Fácil (%)
1º ESO	0	6	69	25
3º ESO	0	7	79	14
4º ESO	0	14	86	0
1º Bach	0	0	75	25
2º Bach	0	11	78	11

Los datos sobre las opiniones del alumnado respecto al estudio de las ciencias son muy favorables. Como se muestra en la tabla 8, la mayoría del alumnado de todos los cursos (69-78 %), considera que estudiar ciencias es difícil pero posible. Además no existen diferencias entre el alumnado de la ESO y el de bachillerato en ciencias, referido a la opinión que estudiar ciencias es fácil. Es de destacar que en todos los curso, ningún estudiante tiene el criterio que el estudio de las ciencias sea imposible.

Además se analizaron las opiniones referidas a las características que deberían de tener los científicos/as (Figura 10). Los datos muestran que la característica de un investigador/a que más valoran los estudiantes es la curiosidad, que varía desde 81% en estudiantes de 1º ESO hasta un 100 % en estudiantes de bachillerato. Por el contrario, las cualidades que menos valoran son la intuición y la genialidad. La perseverancia y la vocación, ganan valor según van pasando de curso, siendo más altas en los niveles de bachillerato. A la disciplina y formación le dan un valor intermedio. Por último, se destaca que la inteligencia tiene gran importancia para el alumnado de 1º ESO, pero según van pasando de nivel la consideran menos importante.

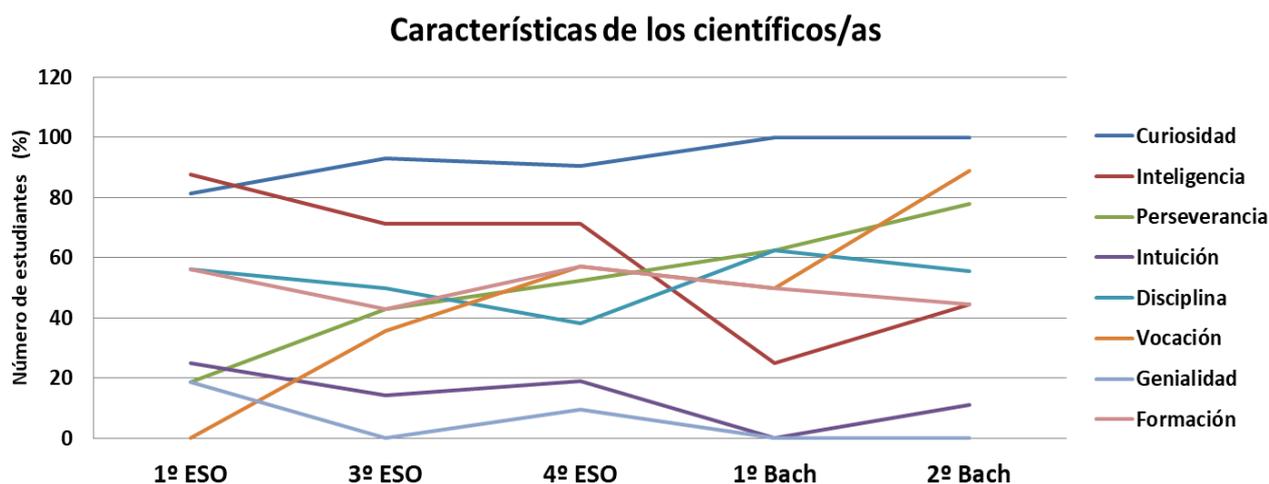


Figura 10. Características de los científicos/as, según el alumnado del IES San Juan de la Rambla.

En relación a la cultura científica, se han analizado los conocimientos del alumnado sobre científicas/os (Tabla 9).

Tabla 9. Conocimiento de científicas y científicos por el alumnado del IES San Juan de la Rambla. Los datos son representados en %.

Conocimiento sobre científicas y científicos.				
Curso	Científicas (%)		Científicos (%)	
	SI	NO	SI	NO
1º ESO	31	69	31	69
3º ESO	36	64	43	57
4º ESO	81	14	57	38
1º Bach	100	0	100	0
2º Bach	44	56	44	56

En primer lugar, se destaca que no parece existir diferencias en lo referido al género, el alumnado dice conocer científicos y científicas en porcentajes similares. Incluso en 4º ESO, hay un mayor porcentaje de los estudiantes que afirma conocer científicas (81%) a diferencia del 43% que afirma conocer científicos. Por otro lado, los datos muestran que hay un incremento en el conocimiento de investigadores a medida que el alumnado avanza en niveles de curso escolares, de 1º ESO a 1º Bachillerato. Sin embargo, los datos anteriores varían notablemente cuando el alumnado tiene que responder los motivos por los cuales conocen a los investigadores. A continuación se listan por curso, los nombres de investigadores que el alumnado es capaz de justificar con razones:

- 1º ESO, 13% Marie Curie y 6% Albert Einstein.
- 3º ESO, 29% Marie Curie, 14% Albert Einstein y 7% Isaac Newton.
- 4º ESO, 29% Marie Curie, 5% Albert Einstein, 5% Isaac Newton y 5% Ramón y Cajal.
- 1º Bachillerato, 100% Marie Curie, 50% Albert Einstein y 75% Isaac Newton.
- 2º Bachillerato, 11% Marie Curie, Albert Einstein, Isaac Newton y Severo Ochoa.

La científica más conocida sin lugar a dudas es Marie Curie, seguida por Albert Einstein e Isaac Newton. En relación a los investigadores españoles Ramón y Cajal, Severo Ochoa, Grande Covián y Margarita Salas; solo son conocidos por un porcentaje muy bajo Ramón y Cajal y Severo Ochoa por estudiantes de 4º ESO y 2º bachillerato, respectivamente. Los estudiantes que poseen mayor conocimiento sobre científicas/os son los de 1º bachillerato, posiblemente por la asignatura de Cultura Científica del currículo de este curso. Respecto al alumnado de 2º bachillerato, en comparación con el curso anterior, han bajado en nivel de cultura científica. Respecto al nivel de cultura científica por género, no se han detectado diferencias.

En el cuestionario de investigación también fue analizada la inclinación del alumnado sobre los estudios futuros (Figura 11). Los datos muestran que la gran mayoría del alumnado del centro estaría interesado en continuar sus estudios en el área de las ciencias, principalmente en las relacionadas con la Biología lo cual incluye las Ciencias biológicas, las Ciencias de la Salud y la Veterinaria. Ejemplo de ello, son los cursos de 1º ESO con un 81% del alumnado, 64 % para 3º ESO, 75 y 78 % para estudiantes de primero y segundo de bachillerato, respectivamente. En el caso del alumnado de 4º ESO, es equitativa la distribución entre estudiar ciencias relacionadas con la biología (38%), otras ciencias (29%) o no estudiar ciencias (33%). Además, es de señalar que en los primeros cursos de la ESO el

alumnado está muy interesado en los estudios de Veterinaria, posiblemente influenciado por el entorno. Sin embargo, ya en los cursos de bachillerato, aumenta el interés por el estudio de las ramas sanitarias (Figura 11 A).

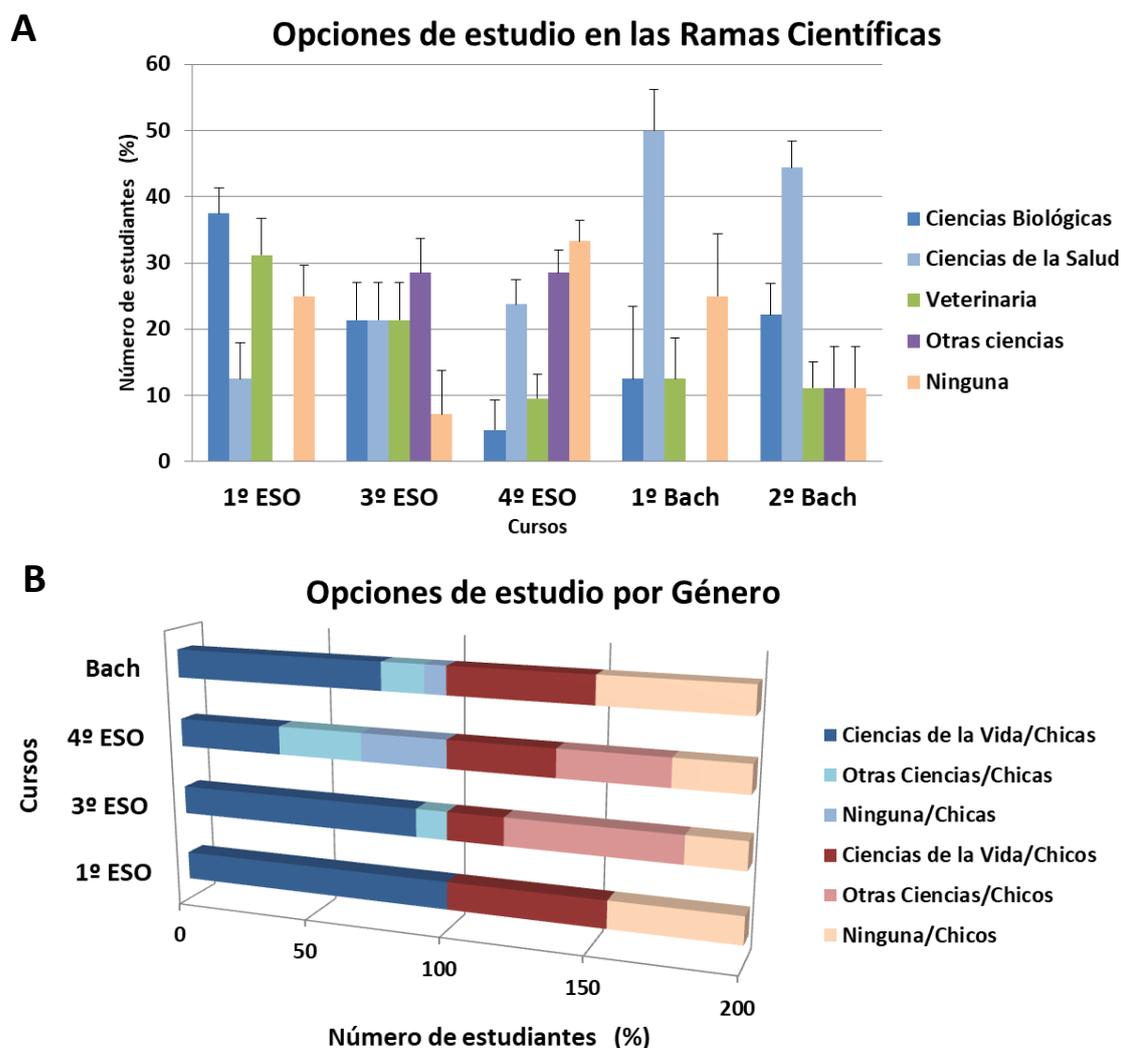


Figura 11. Porcentaje representativo de los intereses por estudios futuros, del alumnado del IES San Juan de la Rambla. El número total estudiantes es de 68, 51 son de los cursos de la ESO y 17 de los bachilleratos de ciencias (Bach). En relación al género de los 16 estudiantes de 1º ESO, 9 son chicos y 7 chicas; de los 14 de 3º ESO 5 son chicos y 9 chicas; de los 21 de 4º ESO, 8 son chicos y 14 chicas. El número de estudiantes de bachillerato de ciencias, incluye 1º y 2º Bachillerato, en los cuales 4 son chicos y 13 chicas.

Por otro lado, se ha analizado el interés del alumnado según el género. Puertas Maroto (2015, p. 19) indica que en España: “pocas mujeres estudian en los campos tecnológicos y en algunas ciencias experimentales, y pocos hombres eligen carreras en las ciencias de la vida”. Respecto a las inclinaciones de futuros estudios del alumnado del IES San Juan de la Rambla, los datos muestran mayor inclinación de las chicas por estudiar Ciencias de la vida, sobre todo en los cursos de 1º ESO (100 %), 3º ESO (89 %) y en caso de los dos cursos de

bachillerato de ciencias, con 77%. Adicionalmente, la inclinación de los chicos es menos definida. Los chicos de 3º ESO se inclinan más por estudios relacionados con otras ciencias como la Física. Sin embargo en los cursos de 1º ESO y en bachillerato, los porcentajes están repartidos entre estudios de ciencias de la vida y no estudiar ciencias. Por último, el curso de 4º ESO, es bastante heterogéneo tanto para chicos como para chicas, mostrando igualdad de porcentajes para las tres opciones de estudio analizadas (Figura 11B).

En resumen, los resultados muestran que las ideas previas de los estudiantes en relación a las características que deben poseer los científicos/as es adecuada, sugiriendo que cualidades como la genialidad no son importantes y que las ciencias pueden estar accesibles al alcance de todos. Sin embargo, a pesar de las inclinaciones para el estudio de ramas relacionadas con la biología, el alumnado no presenta un conocimiento adecuado de cultura científica. Los científicos/as que conocen, son en mayoría relacionados con el área de la Química y la Física, y no así con la Biología. En este sentido, la propuesta de intervención basada en el análisis de la biografía de los científicos/as se considera muy favorable para el alumnado del IES San Juan de la Rambla.

4.2 Intervención de la propuesta metodológica para la asignatura de Biología Humana del curso 2º Bachillerato.

Esta unidad didáctica ha sido impartida en el Bloque VI: GENÉTICA HUMANA de la asignatura de Biología Humana de 2º Bachillerato y se ha elaborado basándose en la publicación del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y el Real Decreto 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias.

En dicha unidad didáctica “Ingeniería con ADN”, se pretende acercar al alumnado a la genética, a través de las vivencias de los científicos y científicas en el fascinante mundo de los ácidos nucleicos.

La genética humana ha dado en los últimos años pasos agigantados en numerosos descubrimientos y por tanto, gracias a lo cual se han conseguido inimaginables avances en la medicina, incluyendo tanto la terapia como la prevención de miles de enfermedades. Resulta por tanto de vital importancia que el alumnado que se prepara para estudios superiores adquiera un conocimiento profundo, no sólo de los diferentes agentes implicados en las enfermedades hereditarias sino la importancia de los avances biotecnológicos y como afectan al ser humano. De manera que los estudiantes desarrollen una actitud crítica frente al mundo que les rodea y se impliquen en su cambio.

Los objetivos serán logrados mediante el uso de una metodología activa, utilizando el método científico, permitiendo así desarrollar diferentes destrezas técnicas y comunicativas que estimulen las vocaciones científicas.

4.2.1 Contextualización del centro.

El instituto IES San Juan de la Rambla, está situado en el norte de la isla de Tenerife, específicamente en San José, en una zona rural de medianías. El IES se encuentra en la parte alta del casco histórico de la Villa de San Juan de la Rambla, en un municipio emplazado entre barrancos, escarpes rocosos y el mar en el norte de la isla de Tenerife. Es de destacar que San José es la principal sede económica y de negocios de la Villa de San Juan de la Rambla, concentrando el mayor índice de crecimiento poblacional y el tejido comercial del municipio.

En el pueblo existe un estancamiento económico y demográfico que ha motivado que el nivel socioeconómico de las familias con hijos escolarizados en el Instituto se enmarque dentro de la tipología medio-baja, propio de una zona rural deprimida. Así mismo, debido al escaso empleo dentro del municipio, convierte a esta localidad en exportador de trabajadores y mano de obra. En este sentido, gran parte de su población activa se emplea normalmente en el sur de la isla o en el Puerto de la Cruz, en el sector servicios: hostelería y construcción.

Este IES recibe alumnos de todos los barrios del municipio y de la zona alta del municipio de los Realejos (Icod del Alto). Respecto a las características del alumnado, el IES ha detectado que el alumnado de bachillerato posee pocos hábitos de estudio. En general los alumnos/as no estudian con regularidad y dedican poco tiempo al trabajo diario de casa. El lugar de estudio seleccionado por casi la totalidad de los alumnos es su habitación, y manifiestan que tiene poca o ninguna ayuda de los padres o familiares.

Respecto a la nueva propuesta metodológica a desarrollar en el centro y teniendo en cuenta las características del entorno del centro como las del alumnado, se considera que es esencial trabajar con los orígenes rurales y humildes de los investigadores, condición que no es limitante para las aspiraciones profesionales futuras de los estudiantes. Además, el trabajo de la unidad se ha diseñado para grupos cooperativos con distribución de roles. De esta manera se favorecen los distintos ritmos de aprendizaje y por otro lado, se responsabiliza a cada estudiantes en determinadas tareas. Por último, se ha valorado los contenidos conceptuales debido al interés del alumnado en las pruebas de acceso a la Universidad.

4.2.2 Objetivos.

- Identificar las características de los ácidos nucleicos y las enzimas implicadas en su modificación, mediante el análisis de los descubrimiento de Severo Ochoa y Margarita Salas.
- Investigar las aplicaciones e importancia de la terapia génica, utilizando historias de investigadores.
- Analizar la utilidad y ética de la clonación humana.

4.2.3 Competencias claves.

En esta unidad didáctica, el alumnado trabaja 6 competencias:

La **competencia en Comunicación lingüística (CL)** aportando el conocimiento del lenguaje de la ciencia en general, además facilita el intercambio de ideas y su aplicación al campo de la ética científica.

La Genética también desarrolla la **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)** puesto que requiere interpretar datos y realizar cálculos para poder llegar a conclusiones en el campo de la genética molecular.

La **competencia digital (CD)** a través de la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación para la búsqueda, selección, procesamiento y presentación de información como proceso básico vinculado al trabajo científico.

Por otro lado la metodología científica implica plantearse interrogantes, analizarlas, establecer una secuencia de pasos para conseguir los objetivos favoreciendo la forma de construcción del pensamiento científico y el desarrollo de la **competencia de Aprender a aprender (AA)**.

Las **competencias sociales y cívicas (CSC)** se trabajan desde el reconocimiento y la tolerancia en la diversidad de opiniones e ideas, aprendiendo a comportarse desde el conocimiento de los distintos valores, mostrando disponibilidad para la participación activa en la temática de terapia génica y reproductiva, preparándose así para la convivencia en una sociedad plural y contribuir a su mejora.

Finalmente se contribuye también al desarrollo de la **competencia de Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE)**. Esta competencia se potencia al enfrentarse con criterios propios a problemas que no tienen una solución inmediata, lo que hace tomar decisiones personales para su resolución.

4.2.4 Contenidos.

Los contenidos a impartir corresponden con el **Bloque VI de Genética humana** del currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias. Específicamente en esta unidad didáctica se analizará el papel de los ácidos nucleico, los nuevos avances en el campo de la ingeniería genética y las repercusiones éticas y sociales relacionadas con el estudio de la genética. A continuación se listan los contenidos que se pretenden alcanzar:

Contenidos conceptuales.

- Analizar las funciones de los diferentes componentes implicados en la replicación del ADN.
- Identificar las mutaciones génicas.
- Investigar las aplicaciones de la terapia génica.

Contenidos procedimentales.

- Manejo adecuado del código genético.
- Procedimientos para la búsqueda y procesamiento de la información científica.

Contenidos actitudinales.

- Respetar correctamente las normas de conducta en clases y cooperar con el grupo de trabajo.
- Conocimiento adecuado sobre la ética de la clonación humana.

4.2.5 Metodología y temporalización.

Sesión 1: Presentación y **actividad 1 Actrices y actores.**

Cuestionario inicial individual, para determinar las ideas previas sobre las características de los investigadores y los conocimientos que se tienen sobre científicos/as.

Lluvia de ideas grupal para debatir las características de los investigadores.

Presentación de la unidad y la metodología a seguir que incluye la presentación de los 4 investigadores españoles.

Video de Margarita Salas ("Entrevista a Margarita Salas | UC3M", 2019) que además de ser útil para conocerla, menciona al importante papel de Severo Ochoa en su vida investigadora.

Se utilizará una presentación de PowerPoint como apoyo para ir introduciendo una serie de datos curiosos sobre la molécula de ADN que pueden resultar sorprendentes y llamativos. Bajo los títulos "Sabías que..." se calculará de manera grupal la cantidad de ADN necesario para realizar un "Viaje a la luna".

Se formarán los grupos cooperativos, incluyendo la distribución de roles. En este caso y en honor a los cuatro investigadores españoles, los equipos serán nombrados **Equipo Margarita Salas, Equipo Severo Ochoa, Equipo Grande Covián y Equipo Ramón y Cajal.**

Orientación de tarea transversal: cada equipo deberá elaborar durante la unidad 10 preguntas y sus respuestas, que serán entregadas al final de las clases. Estas preguntas que se elaborarán durante las sesiones y serán utilizadas en el juego final (actividad 5).

Se realizará la **actividad 1**, que consistirá en identificar los diferentes componentes del escenario de replicación del ADN, para ello se ayudarán de una sopa de letras y de analizar diferentes preguntas sobre las funciones de los 16 elementos implicados.

Producto: Escenario del ADN (Anexo II).

Agrupamiento: Individual.

Sesión 2: **Actividad 2. Conseguir un premio Nobel.**

Esta actividad consta de dos partes, en la primera el alumnado identificará el escenario del ADN, mediante el uso de una diapositiva. Los elementos que se visualicen en el esquema servirá tanto para la consolidación de los contenidos de la primera sesión y como para el desarrollo de la parte 2 de la actividad.

Video Margarita Salas, de discípula de Severo Ochoa a prestigiosa bióloga mundial ("Con ciencia - Margarita Salas - RTVE.es", 2013), con este video Margarita Salas explica la importancia de sus descubrimiento y su admiración por Severo Ochoa. Además, en clase puede utilizar para mostrar el equipamiento de un laboratorio de Biología Molecular

En la parte 2 se demostrará, utilizando el método científico, los elementos necesarios para realizar el descubrimiento de la técnica de la PCR.

Producto: Exposición oral sobre la función de las enzimas y de los componentes imprescindible en la reacción de PCR.

Agrupamiento: Grupos de 5 alumnos/as.

Sesión 3: **Actividad 3. Fraseando con el código genético.**

En esta sesión se trabajará con el código genético y las mutaciones génicas. Primeramente se visualizará un video ("Mutaciones Génicas o Puntuales", 2016), donde se explican los tipos de mutaciones génicas.

Posteriormente se realizaran varios ejercicios con el objetivo de descifrar la información genética a partir de diversas fuentes de información. Además de la tabla del código genético será necesaria una tabla adicional porque en lugar de aminoácidos, los codones codificaran para palabras y por tanto al transcribir el ADN, se obtendrá un mensaje.

Producto: Ejercicios para utilizar el código genético y mutaciones génicas (Anexo III).

Agrupamiento: Grupos de 5 alumnos/as.

Sesión 4: **Actividad 4. Debate dignidad humana.**

En esta sesión se mostrará una noticia sobre el listado VIP de clonaciones y se analizarán las opiniones mediante un debate utilizando la técnica Philips 6/6. Posteriormente se visualizará un video: <https://www.youtube.com/watch?v=MAOqahEb7zg> donde se explican los conceptos de

clonación terapéutica y reproductiva y se analizan las cuestiones éticas. El cierre de la unidad se realiza mediante una *metodología demostrativa* utilizando la web *Pubmed*, donde se enseñará las pautas a seguir para la búsqueda de información científica.

Producto: Debate Philips 6/6.

Agrupamiento: Grupos de 5 alumnos/as

Sesión 5: **Actividad 5. Escalera de ADN.**

El cierre de la unidad se realizará jugando con una escalera de ADN diseñada por la profesora. Cada equipo entrega 10 preguntas y se selecciona en el diseño las casillas de las preguntas. En la escalera habrá castigos y trampas. Por último se realiza un análisis con el alumnado sobre la satisfacción de la metodología empleada durante la unidad.

Producto: Entrega de preguntas y respuestas, y desarrollo del juego.

Agrupamiento: Grupos de 5 alumnos/as

4.2.6 Criterios de Evaluación y estándares de aprendizaje evaluables.

En la unidad se evaluará según el criterio de evaluación 6 que corresponde con el bloque VI: **Genética y evolución humana** del currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias (Tabla 10).

Tabla 10. Criterio de evaluación 6 del curso de 2º Bachillerato de la asignatura Biología Humana.

Criterio 6. Reconocer los mecanismos básicos de la transmisión de los caracteres hereditarios y aplicarlos a la herencia en humanos; y realizar indagaciones acerca de los últimos avances en ingeniería genética, así como de las alteraciones genéticas más relevantes, y relacionarlas con las mutaciones y los agentes que las causan. Reconocer los mecanismos de la evolución de la especie humana, con el fin de asumir la igualdad de su origen y las diferencias individuales entre las personas.

Con este criterio se pretende evaluar si el alumnado aplica los mecanismos básicos de transmisión de los caracteres hereditarios a ciertas enfermedades comunes en la especie humana; si diseña, realiza, expone indagaciones acerca de las aplicaciones más importantes de la ingeniería genética (terapia génica, secuenciación del genoma humano, aplicación de células madre, prevención de enfermedades como determinados tipos de cánceres, diagnóstico prenatal de alteraciones y malformaciones congénitas...) y argumenta acerca de sus implicaciones éticas. También se pretende comprobar si el alumnado identifica los agentes

mutagénicos y las enfermedades que puedan causar, y si relaciona las mutaciones y las otras fuentes de variabilidad genética con la evolución de la especie humana, de manera que reconozca en sí mismo y en las demás personas la unidad y la variabilidad de nuestra especie.

En cuanto a los estándares de aprendizaje evaluables, es de destacar que esta asignatura no tiene estándares de aprendizaje evaluables.

4.2.7 Método de evaluación.

No se realizará un examen final escrito de los contenidos de la unidad sino que la evaluación será continua, a través de la evaluación de diferentes actividades en las clases.

Es de destacar, que en esta unidad se les dará gran importancia a las actividades y al trabajo diario; por tanto el proceso de evaluación continua será un 100 % de la calificación final. La nota máxima de calificación son 10 puntos y el suspenso será inferior a 5. Es obligatorio participar en todas las actividades. Los contenidos se evaluarán utilizando los siguientes instrumentos de evaluación (Tabla 11):

Tabla 11. Instrumentos de evaluación y porcentaje de calificación correspondientes.

Instrumentos de Evaluación	Porcentaje en la calificación (%)
Rúbrica del Juego	40
Rúbrica de Actividades: <i>1. Escenario de la replicación del ADN vs Premio Nobel.</i> <i>2. Fraseando con Margarita Salas y Severo Ochoa.</i> <i>3. Debate clonación vs dignidad humana.</i>	40
Participación en clases	20

A continuación se muestran las rúbricas diseñadas para la evaluación de las actividades: la rúbrica de evaluación de las actividades y la rúbrica de evaluación del juego. En ellas se incluye actividades individuales y grupales.

Rúbrica de evaluación de Actividades.				
CATEGORÍA	SOBRESALIENTE (9-10)	NOTABLE (7-8)	BIEN (5-6)	INSUFICIENTE (1-4)
Reconocer e identificar los diferentes componentes implicados en la replicación del ADN.	<i>Reconoce e identifica todos los componentes implicados en la replicación del ADN (15-16).</i>	<i>Reconoce e identifica algunos de los componentes implicados en la replicación del ADN (8-14).</i>	<i>Rara vez reconoce e identifica los diferentes componentes implicados en la replicación del ADN (3-7).</i>	<i>No reconoce ni identifica los diferentes componentes implicados en la replicación del ADN (0-2).</i>
Analizar el descubrimiento de las polimerasas y sus aplicaciones en la terapia génica.	<i>Analiza adecuadamente las funciones de las polimerasas y sus aplicaciones en la terapia génica.</i>	<i>En la mayoría de las ocasiones analiza adecuadamente las funciones de las polimerasas y sus aplicaciones en la terapia génica.</i>	<i>Analiza con dificultad las funciones de las polimerasas y sus aplicaciones en la terapia génica.</i>	<i>No analiza las funciones de las polimerasas ni sus aplicaciones en la terapia génica.</i>
Manejar el código genético e identificar los diferentes tipos de mutaciones génicas.	<i>Maneja adecuadamente el código genético e identifica los diferentes tipos de mutaciones génicas.</i>	<i>En la mayoría de las ocasiones maneja adecuadamente el código genético e identifica los diferentes tipos de mutaciones génicas.</i>	<i>Maneja con dificultad el código genético y rara vez e identifica los diferentes tipos de mutaciones génicas.</i>	<i>No maneja el código genético y no e identifica los diferentes tipos de mutaciones génicas.</i>
Diferenciar la clonación reproductiva de la terapéutica, y sus implicaciones éticas.	<i>Diferencia correctamente la clonación reproductiva de la terapéutica, y valora críticamente sus implicaciones éticas</i>	<i>Ocasionalmente diferencia la clonación reproductiva de la terapéutica, y valora críticamente sus implicaciones éticas</i>	<i>Rara vez reconoce diferencia la clonación reproductiva de la terapéutica, y ocasionalmente valora sus implicaciones éticas</i>	<i>No diferencia la clonación reproductiva de la terapéutica, y no valora sus implicaciones éticas</i>

Rúbrica de evaluación del Juego				
CATEGORÍA	SOBRESALIENTE (9-10)	NOTABLE (7-8)	BIEN (5-6)	INSUFICIENTE (1-4)
Elaborar y relacionar las preguntas con todos los contenidos.	<i>Elabora y relaciona correctamente las preguntas con los contenidos (entre 9 y 10).</i>	<i>Elabora correctamente algunas preguntas y las relaciona con los contenidos (5-8).</i>	<i>Elabora pocas preguntas y rara vez las relaciona con los contenidos (1-4).</i>	<i>No elabora ninguna pregunta.</i>
Relacionar los descubrimientos de los científicos/as con la ingeniería genética.	<i>Relaciona correctamente los descubrimientos de los científicos/as con la ingeniería genética</i>	<i>Relaciona correctamente los descubrimientos de Margarita Salas con la ingeniería genética</i>	<i>Relaciona correctamente los descubrimientos de Severo Ochoa con la ingeniería genética</i>	<i>No relaciona los descubrimientos de los científicos/as con la ingeniería genética</i>
Respuestas correctas y uso del vocabulario científico en la expresión oral.	<i>Siempre responde correctamente y utiliza adecuadamente el vocabulario científico.</i>	<i>Ocasionalmente responde correctamente (5-8 preguntas) y utiliza el vocabulario científico.</i>	<i>Rara vez responde correctamente (1-4 preguntas) y utiliza poco el vocabulario científico.</i>	<i>No responde ninguna pregunta y no utiliza el vocabulario científico.</i>
Respetar las normas de conducta en clases, cooperar con el grupo de trabajo y motivación.	<i>Respeto las normas de conducta en clases, coopera con el grupo de trabajo y tiene motivación.</i>	<i>Respeto las normas de conducta en clases, coopera ocasionalmente con el grupo de trabajo y tiene poca motivación.</i>	<i>Respeto ocasionalmente las normas de conducta en clases, rara vez coopera con el grupo de trabajo y tiene poca motivación.</i>	<i>No respeto las normas de conducta en clases, no coopera con el grupo de trabajo y no tiene motivación.</i>

4.2.8 Recursos didácticos.

Los recursos didácticos utilizados en la unidad son:

- ❖ **Medios audiovisuales:** presentaciones ppt, vídeos, imágenes, juegos interactivos.
- ❖ Uso de las **nuevas tecnologías:** PC, App *TooLoud*, Socrative, Drive
- ❖ **Actividades:**
 - ✓ **Actividades prácticas** que permitirán evaluar los procesos y las estrategias de investigación propios de la metodología científica.
 - ✓ **Trabajos escritos**, recogida de tareas que ayudarán a los alumnos a reflexionar sobre las mismas, a identificar y organizar sus propias ideas y expresarlas de forma clara y concisa utilizando los términos científicos.
 - ✓ **Exposición oral** permitirá a los alumnos presentar sus ideas de forma sintetizada a sus compañeros y proporciona un buen recurso para desarrollar las habilidades comunicativas y discutir ideas.
 - ✓ **Debates** para estimular en los alumnos a compartir sus ideas individuales y escuchar las ideas de sus compañeros.
 - ✓ **Búsqueda de información** en diferentes webs seleccionadas y específicamente será utilizado el *Pubmed* para la búsqueda de artículos científicos de manera que no se trabaje con información falsa y se contraste la información encontrando los artículos científicos originales.

4.2.9 Atención a la diversidad.

En esta unidad didáctica hemos tenido en cuenta los diferentes ritmos de aprendizaje del alumnado así como sus motivaciones e intereses. Por esta se ha apostado por un trabajo cooperativo en grupos heterogéneos. Los roles dentro del grupo están distribuidos para estimular el apoyo y aprendizaje entre iguales. Es de destacar que a pesar que la asignatura es optativa y la mayoría del alumnado está interesado en continuar los estudios superiores en el área de las ciencias médicas, biológicas o ciclos sanitarios por lo que se han balanceado los aprendizajes con problemas de la vida real y con su aplicación biotecnológica. Además debido a la inseguridad y desconocimiento de las futuras profesiones se ha procurado motivar las vocaciones científicas del alumnado.

La unidad didáctica ha sido diseñada teniendo en cuenta adaptaciones curriculares dirigidas, a dos colectivos:

- Alumnado con discapacidad auditiva: las adaptaciones curriculares desarrolladas están enfocadas principalmente en 3 aprendizajes, el visual, lector y kinestésico, garantizando que los alumnos/as con discapacidad auditiva lleguen al final de la etapa en las mismas condiciones de igualdad que el resto del alumnado. Además, se incluirá en las tabletas o móviles una herramienta que controla los decibelios (*TooLoud*), y facilite el ambiente de aprendizaje del alumnado con esta discapacidad. Por otro lado en el grupo cooperativo existirá el rol de controlador del ruido, de manera que cada grupo tendrá un responsable que controle el ruido en el aula.
- ALCAIN: la unidad didáctica ha incorporado varias actividades científica en la cual este tipo de alumnado tendrá un papel más activo que le proporcionará un mayor grado de desarrollo de sus capacidades científicas.

4.3 Implicación y respuesta del alumnado a la intervención didáctica.

Las opiniones del alumnado sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje son claves para la mejora de los mismos. Debido a ello, una vez culminada la intervención de la unidad didáctica, se ha realizado un cuestionario de satisfacción (Anexo IV). En dicho cuestionario se han incluido preguntas sobre la metodología, así como, preguntas de evaluación de la profesora como preguntas de autoevaluación. En la figura 12 se muestra un ejemplo de la satisfacción del alumnado con la nueva propuesta didáctica.

Respecto a la metodología utilizada, el 100% de alumnado ha valorado muy positivamente el enfoque de la temática curricular con las vivencias de los científicos/as. Específicamente el 67% del alumnado se encuentra totalmente de acuerdo y el 33 % se encuentra de acuerdo. Además, el 100% de los estudiantes considera que el estudio de los descubrimientos científicos favorece el aprendizaje de los contenidos, así como, evalúan muy positivamente el enfoque de la propuesta didáctica en relación con la cultura científica adquirida. Por otro lado, la autoevaluación sobre la participación en clase y el trabajo en grupo ha sido muy adecuada, el 89% del alumnado considera que se ha implicado en la participación de las actividades en clases y el 100% considera que ha colaborado al máximo en los trabajos grupales.

Además, el 100% de los estudiantes han valorado positivamente los materiales facilitados por la profesora para la comprensión del tema y consideran que las actividades planteadas han sido adecuadas para la comprensión de los contenidos. Referido a esto último, solo el

11% ha estado poco de acuerdo respecto al 78% que está totalmente de acuerdo y un 11% que opina que se encuentra de acuerdo.

Cuestionario de satisfacción del alumnado con la propuesta didáctica.

Estimado alumno/a con el objeto de evaluar la Metodología empleada para impartir el tema de **Genética Humana** de la asignatura "*Biología Humana*", me gustaría que rellenaras este cuestionario, contestando con la mayor sinceridad de acuerdo a la siguiente valoración:

1 Totalmente de acuerdo 2 Acuerdo 3 Poco acuerdo 4. Desacuerdo

		1	2	3	4
1.	El enfoque del tema, conjunto con las vivencias de los científicos/as, me ha parecido apropiado y ha fomentado mi curiosidad respecto a la genética y la biología molecular.	X			
2.	El estudio de los descubrimientos científicos me ha parecido que favorece el aprendizaje de los contenidos.	X			
3.	Los materiales facilitados por la profesora me han facilitado la comprensión del tema.	X			
4.	He participado en las lluvias de ideas, debates y otras actividades en clase.		X		
5.	He colaborado al máximo en los trabajos grupales.		X		
6.	Con esta propuesta didáctica he aprendido, y conocido mejor a los científicos/as y sus descubrimientos.	X			
7.	Me gustaría que se continuaran dando las clases con esta dinámica metodológica.	X			
8.	Me gustaría que se continuaran dando las clases con la metodología tradicional, es decir impartiendo los contenidos de manera directa.			X	
9.	Las actividades planteadas han sido adecuadas para la comprensión de los contenidos.	X			
10.	De todas las actividades la que más me ha gustado ha sido:	El juego del ADN.			
11.	La actividad que menos me ha gustado ha sido:	Todos me han gustado			
12.	Otras observaciones o sugerencias:	Han sido formas diferentes y muy amenas de aprendizaje y deberían fomentar este tipo de metodología.			

Biología Humana *2º Bachillerato IES San Juan de la Rambla.*

Figura 12. Ejemplo de respuesta del cuestionario de satisfacción realizado por una alumna/o de 2º Bachillerato.

Por último, en relación a la impartición de contenidos con esta metodología o la metodología tradicional, el 100% de los estudiantes prefiere la metodología propuesta o alguna similar. Sin embargo, hay variedad de opiniones en cuanto a utilización de la metodología tradicional, ya que alrededor de la mitad del alumnado está en desacuerdo.

Adicionalmente, es de destacar que el interés mostrado por el alumnado en lo referido a la biografía de los investigadores. Ejemplo de ellos son las preguntas elaboradas para la realización de la actividad final, la mitad de las cuales fueron relacionadas no solo con los contenidos sino con las vivencias de los científicos/as.

En resumen y como se observa en la figura 12, el alumnado ha valorado muy positivamente la nueva propuesta, que ha utilizado las vivencias y descubrimientos de los científicos Severo Ochoa y Margarita Salas, para impartir los contenidos del bloque de aprendizaje VI sobre la Genética y evolución humana de la asignatura de Biología Humana.

5 Conclusiones.

1. Las vivencias y los descubrimientos de los científicos/as españoles favorecen la motivación y el rendimiento académico del alumnado en el aprendizaje de la Biología.
2. El análisis correcto de los aspectos personales de los científicos/as, está implicado en la construcción del conocimiento científico.
3. La cultura científica es una herramienta clave para la enseñanza de la Biología.
4. La utilización de anécdotas sobre las luchas humanas de los científicos/as, es un elemento motivacional importante para el aprendizaje de todo el alumnado y para la formación de futuras generaciones de científicos/as.

6 Propuesta de mejora.

La propuesta de esta metodología educativa innovadora está basada en el análisis biográfico de cuatro investigadores e incluye no solo el estudio de sus descubrimientos científicos, sino muchos aspectos personales de sus vidas y su visión particular sobre su formación y el amor por la ciencia.

En Bachillerato se ha valorado los contenidos conceptuales debido al interés del alumnado en las pruebas de acceso a la Universidad. Sin embargo en la ESO, se ha prestado mayor atención educativa al desarrollo de habilidades de investigación y actitudes. En este caso se propone, aligerar el peso específico tradicional de los contenidos conceptuales e incorporar las vivencias de los investigadores sin reducir contenidos que no pueden ser ignorados en la educación obligatoria. Además, una de las dificultades más importante ha sido combinar los contenidos adicionales sobre la vida de hombres y mujeres dedicados a las ciencias, con el extenso currículo de secundaria, por lo que se propone realizar proyectos de investigación conjunto con otras asignaturas para así compartir los contenidos transversales sobre el conocimiento y la vida de los investigadores/as.

Además, se destaca la importancia de iniciar la nueva metodología basada en la vida de científicos/as desde el nivel educativo de 1º ESO. Ejemplo de ello, es la utilización de la biografía de Ramón y Cajal en la Biología y Geología de 1º ESO. Específicamente en el Bloque de aprendizaje III: La biodiversidad en el planeta, y Unidad/es asociadas que presenta contenidos como:

1. Comparación eficaz de la célula procariota y eucariota y de la célula animal y vegetal para deducir sus características básicas.
2. Utilización del microscopio óptico e interpretación de imágenes para la observación y descripción de células vegetales y animales.
3. Distinción entre seres vivos unicelulares y pluricelulares. Descripción de las funciones vitales: nutrición, relación y reproducción.
4. Contraste del proceso de nutrición autótrofa y heterótrofa y relación entre ambos.

Las historias de Ramón y Cajal y sus anécdotas alrededor de su relación con el microscopio, se consideran muy importante a tener en cuenta en este curso. Además teniendo en cuenta el desconocimiento que existe en el alumnado sobre Grande Covián, se considera de gran interés que este gran científico sea conocido desde el primer curso.

Otra cuestión a tener en cuenta con el alumnado de 1º ESO, es lo relacionado con favorecer el desarrollo de las competencias científicas. En este sentido, por un lado se debe

tener en cuenta tanto el nivel de dificultad en el aprendizaje, así como la posibilidad de que los estudiantes incrementen su nivel de destreza relacionado con el método científico (utilizando las biografías) lo cual favorece positivamente el aprendizaje significativo. Además, el establecimiento de una nueva metodología requiere un mayor periodo de tiempo, por lo tanto trabajar con el alumnado desde el primer curso permitiría no solo que los estudiantes se adapten, sino que puedan adquirir los conocimientos científicos adecuados para desarrollar con éxito las competencias científicas.

Otra propuesta de mejora está relacionada con el desconocimiento alrededor de la figura de Grande Covián. De manera que se propone aumentar el trabajo con los contenidos del currículo de 3º ESO, mediante el estudio de aparatos como el de circulación en adición a los estudios de la funciones de nutrición (Figura 13).

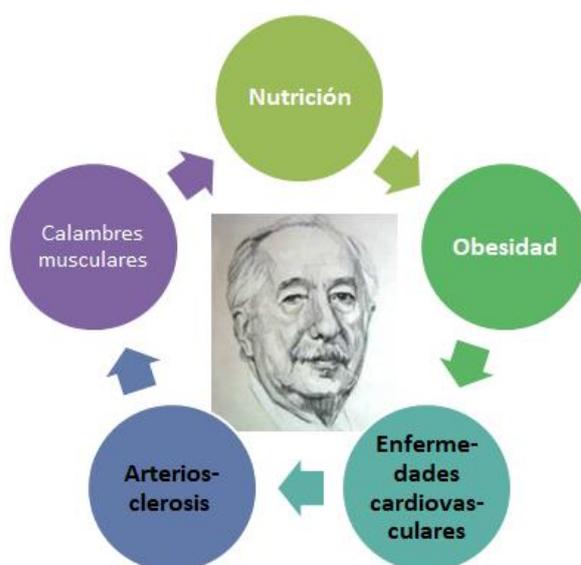


Figura 13. Grande Covián y sus áreas de investigación. Áreas de estudio para el alumnado de 3º ESO vinculadas con la función de relación.

Como se observa en la figura 13, Grande Covián no solo ha sido un investigador en el área de la nutrición sino que durante su carrera científica ha trabajado en diversas áreas de investigación. Por tanto, se propone la realización de un proyecto de investigación más extenso que abarque contenidos como por ejemplo:

- Identificación y descripción de la anatomía y fisiología de los aparatos digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor.

Respecto al curso de 2º bachillerato, se propone compartir la propuesta de la asignatura de Biología Humana con la de Biología. En este sentido, se considera que la propuesta para 2º Bachillerato de la asignatura de Biología Humana contiene contenidos que son adecuados

para la asignatura de Biología. Este cambio proporcionaría ventajas para todo el alumnado, ya que la Biología humana es optativa a diferencia de la asignatura de Biología, y de esta forma todo el alumnado que cursa el 2º bachillerato se puede implicar en trabajar con esta metodología y conocer e indagar en la vida de los científicos/as.

Por otro lado, se considera que la propuesta para el estudio de la genética no debería ser exclusiva para Margarita Salas y Severo Ochoa, sino que se debería indagar en el trabajo con las vivencias de los 4 investigadores. Ejemplo de ello, es el diseño de una nueva actividad “Aprendiendo con enfermedades genéticas”. En la nueva actividad se propone realizar en equipo un trabajo investigativo sobre enfermedades hereditarias y su vínculo con los investigadores. Los trabajos serán expuestos de forma oral a los cursos de 3º, 4º ESO y 1º Bachillerato, en las asignaturas de Biología y Geología y Cultura Científica, respectivamente.

Actividad. Aprendiendo con enfermedades genéticas.

Distribución de enfermedades e investigadores para realizar la actividad. Cada equipo realizará un trabajo de investigación que incluya al investigador correspondiente conjunto con la enfermedad genética seleccionada.

- Equipo Ramón y Cajal: Enfermedad de Huntington y Neurofibromatosis.
- Equipo Grande Covián: Fenilcetonuria y Hemocromatosis.
- Equipo Severo Ochoa: Drepanocitosis y Fibrosis Quística.
- Equipo Margarita Salas: Hemofilia y Acondroplasia.

Durante una sesión se trabajará en equipo en el aula medusa a través del drive, y en otra ocasión los trabajos serán expuestos a diferentes cursos en un tiempo de 15 minutos por grupo.

Producto: Exposición oral de enfermedades genéticas y su relación con los investigadores.

Agrupamiento: Grupos de 5 alumnos/as.

Además, la propuesta para 2º bachillerato podría ser aplicada a 4º ESO, en contenidos referidos a los inicios de la Genética, específicamente en el Bloque de aprendizaje I: La evolución de la vida, y Unidad/es asociadas que presenta contenidos como:

1. Aplicación de los principios básicos de Genética Mendeliana en la resolución de problemas sencillos con uno y dos caracteres.
2. Resolución de problemas de herencia del sexo y de características ligadas al sexo.
3. Búsqueda y selección de información fiable en fuentes variadas sobre las enfermedades hereditarias más frecuentes y su alcance social.
4. Iniciación a las técnicas de trabajo en Ingeniería Genética: ADN recombinante y PCR.

5. Descripción de las técnicas de clonación animal, tanto terapéutica como reproductiva.
6. Análisis y discusión en grupo de las implicaciones éticas, sociales y medioambientales de la Ingeniería Genética: OMG (organismos modificados genéticamente)
7. Valoración crítica de las aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en la agricultura, la ganadería, el medio ambiente y la salud

Por último, teniendo en cuenta la satisfacción del alumnado con la nueva metodología, se considera que esta podría ser aplicada para otros científicos/as en diferentes materias, previo a un análisis de las necesidades del alumnado, así como, de las biografías de los científicos/as.

7 Referencias bibliográficas.

- Ansedo, M. (2018). Cuando Ramón y Cajal iba en taparrabos. Recuperado el 20 Junio de 2019, de https://elpais.com/elpais/2018/12/07/ciencia/1544203336_618933.html.
- Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H., y Dweck, C. S. (2007). Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: A longitudinal study and an intervention. *Child Development*, 78, 246–263.
- Chambliss, M. J. (2002). The characteristics of well-designed science textbooks. *Mahwah, NJ: Erlbaum*.
- Con ciencia - Margarita Salas - RTVE.es. (2013). Recuperado el 7 Mayo de 2019, de <http://www.rtve.es/alacarta/videos/con-ciencia/ciencia-margarita-sales/2245607/>.
- Conant, J. (1957). Harvard case histories in experimental science. *Cambridge, MA: Harvard University Press*.
- De Felipe, J. (2005). Cajal y sus dibujos: ciencia y arte. En A. M. Araguz (Ed.), *Arte y Neurología* (pp. 213-230). *Madrid: Saned*.
- de Haro, C. (2019). CVC. Severo Ochoa (1905-1993). Recuperado el 9 Abril de 2019, de <https://cvc.cervantes.es/ciencia/ochoa/deharo.htm>.
- de Oya Otero, M. (2019). Francisco Grande Covián. Real Academia de la Historia. Recuperado el 6 Abril de 2019, de <http://dbe.rah.es/biografias/11247/francisco-grande-covian>.
- Decreto 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias, BOC de julio de 2016.
- Dweck, C. S. (2007). Boosting achievement with messages that motivate. *Education Canada*, 47, 6–10.
- Eshach, H. (2009). The Nobel Prize in the physics class: Science, history, and glamour. *Science & Education*, 18, 1377–1393.
- Franco-Mariscal A. J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 33, (2), 231-252.
- Fueyo, J. (2017). Severo Ochoa y los errores en la historia del Premio Nobel de Medicina - Principia. Recuperado el 9 Abril de 2019, de <https://principia.io/2017/12/21/severo-ochoa-y-los-errores-en-la-historia-del-premio-nobel-de-medicina.ljY4OSI/>.
- Gómez-Santos, M. (1992). Francisco Grande Covián: el arte y la Ciencia de la Nutrición. *Madrid: Ediciones temas de hoy SA*.
- Hannus, M., y Hyöna, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low- and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, 24, 95–123.
- Haven, K. (2007). Story proof: The science behind the startling power of story. *Westport, CT: Libraries Unlimited*.
- Holliday, W. G. (2002). Selecting a science textbook. *Science Scope*, 25(4), 16–20.

- Hong, H., y Lin-Siegler, X. (2012). How learning about scientists' struggles influences students' interest and learning in physics. *Journal of Educational Psychology*, 104(2), 469-484.
- Klein, J. (2017). Santiago Ramón y Cajal, el hombre que dibujó los secretos del cerebro. Recuperado el 10 Mayo de 2019, <https://www.nytimes.com/es/2017/02/21/santiago-ramon-y-cajal-el-hombre-que-dibujó-los-secretos-del-cerebro/>
- Klopfer, L. E. (1966). History of science cases. *Chicago, IL: Science Research*.
- Landeira, J. (2019). CVC. Severo Ochoa. Los últimos años de Severo Ochoa. Recuperado el 9 Abril de 2019, de <https://cvc.cervantes.es/ciencia/ochoa/landeira.htm>.
- Lin-Siegler, X., Ahn, J., Chen, J., Fang, F., y Luna-Lucero, M. (2016). Even Einstein struggled: Effects of learning about great scientists' struggles on high school students' motivation to learn science. *Journal of Educational Psychology*, 108(3), 314-328.
- Llavona, R. y Bandrés, J. (2003). Francisco Grande Covián y la Psicología. *Psicothema*, 15 (3), 345-351.
- Mandler, J. M. (1984). Stories, scripts, and scenes: Aspects of schema theory. *Hillsdale, NJ: Erlbaum*.
- McKinney, D., y Michalovic, M. (2004). Teaching the stories of scientists and their discoveries. *Science Teacher*, 71(9), 46–51.
- Morilla, J. (2019). CVC. Severo Ochoa. Recuerdos familiares sobre Severo Ochoa de Albornoz. Recuperado el 7 Mayo de 2019, de <https://cvc.cervantes.es/ciencia/ochoa/morilla.htm>.
- Morrón L (2018). Mujeres con ciencia. Margarita Salas, pasión por la biología molecular. Recuperado el 6 Abril de 2019, de <https://mujeresconciencia.com/2018/02/20/margarita-salas-pasion-la-biologia-molecular/>
- Mutaciones Génicas o Puntuales. (2016). Recuperado el 7 Mayo de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=PkBbN8Rc5Y>.
- OECD (2016), PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy, PISA, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>.
- Otero, J., Leon, J. A., y Graesser, A. C. (Eds.). (2002). The psychology of science text comprehension. *Mahwah, NJ: Erlbaum*.
- Puertas Maroto, F. (2015). El Papel de las Mujeres en la Ciencia y la Tecnología. *Madrid: Santillana*.
- Ramón y Cajal: los secretos de un genio. (2017). Recuperado el 20 Junio de 2019, de <https://www.xlsemanal.com/conocer/historia/20170725/aniversario-ramon-cajal-los-secretos-genio.html>.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, BOE 3 de enero de 2015.
- UC3M (2018). Entrevista a Margarita Salas. Recuperado el 7 Mayo de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=kEicWY5hSjo>.

8 Anexos.

8.1 Anexo I. Cuestionario de Investigación.

Estimado alumno/a el siguiente cuestionario está relacionado con las vocaciones científicas y el estudio de los científicos/as en la enseñanza secundaria. El cuestionario tiene como objeto realizar una investigación asociada al Master del profesorado que estoy cursando en la ULL. Agradecería que rellenaras este cuestionario de carácter anónimo e individual, contestando con la mayor sinceridad posible.

1. Consideras que estudiar ciencias es...

- Imposible
- Difícil
- Difícil pero posible
- Fácil

2. ¿Cuáles de estas características crees que debe poseer un científico o científica? (puedes señalar más de una)

- Curiosidad
- Inteligencia
- Perseverancia
- Intuición
- Disciplina
- Vocación
- Genialidad
- Formación
- Otra:

3. Señala una o dos de las características que consideras imprescindible para ser un buen científico/a.

- Curiosidad
- Inteligencia
- Perseverancia
- Intuición
- Disciplina
- Vocación
- Genialidad
- Formación
- Otra:

4. Los descubrimientos científicos se consiguen porque....

- se trabaja mucho
- inteligencia
- muchos años de investigación
- factor suerte
- todas ellas
- Otra:

5. ¿Qué tipos de ciencias estudiarías en el futuro?

- Ciencias Biológicas
- Ciencias de la Salud
- Veterinaria
- Otras ciencias:
- Ninguna:

6. ¿Conoces el nombre de alguna científica y su área de investigación? ¿Cuál?

- SI
- NO

7. ¿Conoces el nombre de algún científico y su área de investigación? ¿Cuál?

- SI
- NO

8. Marca los nombres de las personas que conozcas y la razón.

- Severo Ochoa
- Marie Curie
- Margarita Salas
- Santiago Ramón y Cajal
- Albert Einstein
- Francisco Grande Covián
- Isaac Newton

9. Si tuvieras que trabajar en equipo, ¿cuál crees que sería tu mejor función?

- Portavoz, para explicar los resultados
- Director, para repartir y asignar las tareas
- Trabajador, que realiza la mayor parte de las tareas
- Secretario, que se dedica a organizar la información
- Informático, trabaja con el ordenador
- Artista, que hace los mejores dibujos y fotografías
- La que se me asigne
- Otra:

10. ¿Qué pregunta consideras que la ciencia NUNCA podría contestar?

8.2 Anexo II. Actividad Actrices y actores

Actividad 1. Actrices y actores

Encuentra las actrices y los actores del ESCENARIO DE LA REPLICACIÓN DEL ADN, mediante el análisis y la asociación de las palabras. Para identificar los 16 componentes distintos, también puedes ayudarte utilizando la sopa de letras.

- Son 2 ácidos nucleicos muy famosos.
- Las se unen al ADN y rompen los enlaces de hidrógeno entre las bases nitrogenadas, abriendo la doble como una cremallera.
- Las enzimas cuyas funciones son introducir o eliminar super..... se denominan
- Fase de la replicación donde se sintetiza una nueva cadena de ADN.
- Las..... sintetizan fragmentos de ácidos nucleicos. Existen varios tipos, una de ellas fue descubierta por Severo Ochoa y otra por Margarita Salas.
- Son fragmentos de más de 10 nucleótidos que se conocen como o
- En lade replicación se sintetizan las nuevas hebras de ADN.
- Etapa de la replicación que consiste en el desenrollamiento y apertura de la doble
- Esta actividad permite eliminar mal apareados y fragmentos de ARN.
- La de errores se produce durante una de las fases de la replicación.
- Estas enzimas unen fragmentos de ADN.



8.3 Anexo III. Actividad: Fraseando con el código genético.

Descifra las frases utilizando tanto la tabla del código genético como la tabla adicional. La tabla adicional será necesaria porque en lugar de aminoácidos, los codones codifican para palabras. Por tanto al transcribir el ADN, se obtendrá un mensaje.

		Segunda base				
		U	C	A	G	
Primera base	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA } Stop UAG } Stop	UGU } Cys UGC } UGA } Stop UGG } Trp	U C A G
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gin CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G
	A	AUU } AUC } Ile AUA } AUG } Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G
	G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G
						Tercera base

Codón	Palabra para la que codifica(aminoácido)
AUG	Creían
AAA	mujer
UAG	investigar
CAA	valía
CCC	no
UGG	para
UUA	que
GUU	la
Codón	Palabra para la que codifica(aminoácido)
AUU	pensaban
ACG	sabemos
CCG	si
CAU	vale

1. Descifra la información del siguiente fragmento de ARNm.

Pista: Margarita Salas recuerda que en la España de los sesenta lo pasó mal por ser mujer, y sobre esta situación de la mujer científica comenta:

ADN	
ARNm	AUG UUA GUU AAA CCC CAA UGG UAG
“Proteína –frase”	

2. A partir de la secuencia de ADN anterior, utiliza las letras en rojo de la tabla, y cambia la frase mediante el uso de mutaciones génicas. ¿Qué tipo de mutaciones génicas se han generado en cada caso?

Pistas: Se pueden formar 2 frases, una de ellas mantiene el sentido y la otra es de sentido opuesto.

ADN	
ADN mut	
ARNm	
“Proteína –frase”	

ADN	
ADN mut	
ARNm	
“Proteína –frase”	

3. De manera similar al ejercicio 1, idea una frase para que la descifre el otro equipo. Este ejercicio puede ser incluido como pregunta para el juego “Escalera de ADN”.

4. Realiza cambios en la frase formada anteriormente, utilizando al menos dos mutaciones génicas. Este ejercicio será incluido como pregunta para el juego “Escalera de ADN”.

ADN	
ADN mut	
ARNm	
“Proteína -frase”	

8.4 Anexo IV. Cuestionario de satisfacción del alumnado con la propuesta didáctica.

Estimado alumno/a con el objeto de evaluar la Metodología empleada para impartir el tema de **Genética Humana** de la asignatura “*Biología Humana*”, me gustaría que rellenaras este cuestionario, contestando con la mayor sinceridad de acuerdo a la siguiente valoración:

1 Totalmente de acuerdo 2 Acuerdo 3 Poco acuerdo 4. Desacuerdo

		1	2	3	4
1.	El enfoque del tema, conjunto con las vivencias de los científicos/as , me ha aparecido apropiado y ha fomentado mi curiosidad respecto a la genética y la biología molecular.				
2.	El estudio de los descubrimientos científicos me ha parecido que favorece el aprendizaje de los contenidos.				
3.	Los materiales facilitados por la profesora me han facilitado la comprensión del tema.				
4.	He participado en las lluvias de ideas, debates y otras actividades en clase.				
5.	He colaborado al máximo en los trabajos grupales .				
6.	Con esta propuesta didáctica he aprendido, y conocido mejor a los científicos/as y sus descubrimientos.				
7.	Me gustaría que se continuaran dando las clases con esta dinámica metodológica.				
8.	Me gustaría que se continuaran dando las clases con la metodología tradicional, es decir impartiendo los contenidos de manera directa.				
9.	Las actividades planteadas han sido adecuadas para la comprensión de los contenidos.				
10.	De todas las actividades la que más me ha gustado ha sido:				
11.	La actividad que menos me ha gustado ha sido:				
12.	Otras observaciones o sugerencias:				