



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

PROPUESTA DIDÁCTICA. ADN, MUTACIONES Y PROTEÍNAS: INTERCONEXIÓN EN LA GENÉTICA DE 4º DE ESO MEDIANTE METODOLOGÍA ONLINE

Alumno/a: Bocio Núñez, Jesús

Tutor/a: Prof. Francisca Ortega García
Dpto: Consejería de Educación
Junta de Andalucía

Junio, 2020

Índice

Índice de Figuras	iv
Índice de Tablas	v
1. Resumen.....	1
2. Abstract	1
3. Objetivos del Trabajo Fin de Máster.....	2
4. Introducción	2
4.1. Actualidad. Ciencia y genética en la sociedad.....	2
4.2. Dificultades de los estudiantes en la adquisición de los conceptos de genética	4
4.3. Pioneros en la enseñanza de la Genética mediante métodos no tradicionales	5
4.4. Ideas previas en el alumnado de secundaria	6
4.5. Modelo constructivista. Aprendizaje significativo y cambio conceptual	7
4.6. Motivación en el alumnado de secundaria	9
4.7. Aprendizaje Basado en Casos (ABC) y trabajo por investigación	10
4.8. El coronavirus SARS-CoV 2 y el impacto en el profesorado y en los centros educativos	11
4.9. El currículo y la Genética	12
5. Justificación del tema elegido	14
6. Fundamentación teórica	15
6.1. Fundamentación Teórica Básica	15
6.1.1. Qué es una proteína. Quién forma una proteína	15
6.1.2. Los ácidos nucleicos. Conceptos: ADN y gen	17
6.1.3. Replicación del ADN.....	20
6.1.4. Proceso de expresión génica: transcripción y traducción	21
6.1.5. El código genético.....	22
6.1.6. Importancia del concepto de mutación.....	22
6.1.7. Tipos de mutaciones y repercusiones en la función proteica.....	23
6.2. Fundamentación Teórica Complementaria	26
6.2.1. Tipos de Aminoácidos y sus características	26
6.2.2. Visión espacial y funcional de la estructura de las proteínas.	28
6.3. Aspectos didácticos del aprendizaje de la Genética.....	30
6.3.1. Ideas previas de ADN y mutación. Análisis bibliográfico.	30
6.3.2. Aprendizaje Basado en Casos (ABC)	32
7. Propuesta Didáctica	33

7.1.	Legislación aplicada	33
7.2.	Contextualización	34
7.2.1.	Caracterización del centro	34
7.2.2.	Caracterización del alumnado	35
7.3.	Objetivos	36
7.3.1.	Objetivos generales de etapa (ESO)	36
7.3.2.	Objetivos generales de la materia de Biología y Geología	38
7.3.3.	Objetivos específicos de la Unidad Didáctica.....	39
7.4.	Competencias clave	40
7.5.	Contenidos	41
7.6.	Metodología	43
7.6.1.	Principios metodológicos	43
7.6.2.	Métodos, estrategias, recursos y técnicas didácticas	44
7.7.	Temporalización.	45
6.7.1.	Secuenciación y descripción de las actividades	45
7.8.	Evaluación	53
7.8.1.	Criterios de Evaluación y estándares de aprendizaje evaluables.....	53
7.8.2.	Criterios de calificación	55
7.8.3.	Recuperación y proacción	57
7.9.	Limitaciones de la Propuesta Didáctica	57
7.10.	Propuesta de mejora didáctica	59
8.	Conclusiones.....	59
9.	Bibliografía.....	61
10.	ANEXOS.....	64
10.1.	Anexo I. Test para determinar las ideas previas de los alumnos.....	64
10.2.	Anexo II. Protocolo práctica: “Desnaturalizando proteínas”	66
10.3.	Anexo III. Actividad 1: “¿Proteínas desnaturalizadas?”	67
10.4.	Anexo IV. Actividad 2. ¿Conoces al ADN?.....	69
10.5.	Anexo V. Práctica “Extracción de ADN de plátano”	71
10.6.	Anexo VI. Actividad 3. ¿El ADN se toca?.....	72
10.7.	Anexo VII. Actividad 4. Replicación del ADN	73
10.8.	Anexo VIII. Actividad 5: “Creando mutaciones”	74
10.9.	Anexo IX. “Hoja presentación del caso”	76
10.10.	Anexo X. “Informe del caso “Sinfonía del ADN”	77
10.11.	Anexo XI. Autoevaluación.....	78

10.12.	Anexo XIII. Rúbricas de evaluación	79
10.13.	Anexo XIV. Relación ejercicios para alumnos en recuperación.....	82
10.14.	Anexo XV. Actividad de profundización.	84
10.15.	Anexo XVI. Enlaces correspondientes al desarrollo de las sesiones.....	85

Índice de Figuras

Figura 1.	Origen de las dificultades en el aprendizaje de los conceptos de genéticas en los alumnos. Elaboración propia.....	5
Figura 2.	Taxonomía Bloom. Elaboración propia.....	9
Figura 3.	. Interrelación de las habilidades que se desarrollan mediante el aprendizaje permanente e interacciones establecidas para el desarrollo motivacional de los alumnos. Elaboración propia. Adaptada de (Rezaee and Mosalanejad, 2015).....	10
Figura 4.	Estructura general de un aminoácido. Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2013)	15
Figura 5.	Formación de un enlace peptídico. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).....	16
Figura 6.	Pentapéptido Ser-Gly-Tyr-Ala-Leu formado por cuatro enlaces peptídicos. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).	17
Figura 7.	Rosalind Franklin, James Watson y Francis Crick. Descubridores del ADN y su estructura. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)	18
Figura 8.	Imagen obtenida por Rosalind Franklin cuando descubrió el ADN. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)	18
Figura 9.	Estructura general de un nucleótido. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).	19
Figura 10.	Apareamiento de las bases nitrogenadas y disposición de los surcos en la doble hélice de ADN. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).	20
Figura 11.	Proceso de replicación del ADN. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)	21
Figura 12.	Código genético degenerado: codones con sus correspondientes aminoácidos a los que se traducen. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)	22
Figura 13.	Mutación en el ADN y reparación de la misma. (Brown, T., 2007).	23
Figura 14.	Efectos que pueden originar las mutaciones. (Brown, T., 2007).	25
Figura 15.	Clasificación y nomenclatura de los 20 aminoácidos esenciales según su grupo R. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).	27
Figura 16.	α -hélice. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)	28
Figura 17.	Hoja plegada β . (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)	29

Figura 18. Estructuras secundarias: haz de hélices α , el sánwich β - β y el barril α/β respectivamente. (Protein Data Bank, https://www.rcsb.org/pdb/static.do?p=general_information/about_pdb/index.html)	29
Figura 19. Estructura de la Hemoglobina. Protein Data Bank: http://www.rcsb.org/3d-view/2DN1	30

Índice de Tablas

Tabla 1. Relación competencias clave – metodología abarcada en la UD propuesta. ...	40
Tabla 2. Relación de los contenidos de la materia trabajados en la UD con los objetivos específicos y competencias clave trabajados en la misma. Además también se muestran los contenidos transversales tratados en esta UD.....	42
Tabla 3. Relación de contenidos, objetivos didácticos, competencias clave, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables en la UD.....	54
Tabla 4. Tipo de actividad, procedimiento e instrumento de evaluación relacionados con el CE y la competencia clave evaluadas para determinar los porcentajes de calificación de la UD en la Asignatura de Biología y Geología de 4º ESO.....	56
Tabla 5. Test Ideas Previas	64
Tabla 6. Protocolo de prácticas. Desnaturalización de proteínas.	66
Tabla 7. Informe práctica "Desnaturalización de proteínas"	67
Tabla 8. Actividad de consolidación. ¿Conoces al ADN?.....	69
Tabla 9. Protocolo práctica "Extracción de ADN de plátano"	71
Tabla 10. Informe práctica "Extracción del ADN de plátano"	72
Tabla 11. Actividad didáctica. La replicación del ADN.....	73
Tabla 12. Actividad 5. Creando mutaciones.....	74
Tabla 13. Informe caso "La sinfonía del ADN"	77
Tabla 14. Autoevaluación	78
Tabla 15. Rúbrica 1 para evaluar los informes y vídeos de prácticas	79
Tabla 16. Rúbrica 2. Evaluar las actividades propuestas	80
Tabla 17. Rúbrica 3. Evaluar la participación y actitud de los alumnos durante las sesiones.	81
Tabla 18. Enlaces correspondientes al desarrollo de las sesiones.	85

1. Resumen

El presente Trabajo Fin de Máster da lugar a la Unidad Didáctica (UD) titulada “ADN, mutaciones y proteínas: interconexión en la genética de 4º de ESO, mediante metodología *online*”. Persigue desarrollar en el alumnado un aprendizaje significativo, tras el cambio conceptual de sus ideas previas sobre los conceptos de ADN, mutación y gen, entre otros.

La UD desarrollada, está contextualizada en la situación pandémica actual, originada por el coronavirus SARS-CoV 2, razón por la que el alumnado recibirá su formación, siguiendo una metodología *online*. Para abordarla, se utilizan recursos digitales, así como diferentes herramientas de evaluación. Se abordará el Aprendizaje Basado en Casos (ABC), según esta metodología, los alumnos deberán resolver un caso práctico, mediante un trabajo de investigación virtual guiado por el profesor.

El propósito final de la UD es fomentar en el alumnado una motivación e interés por la genética, así como el desarrollo del trabajo autónomo.

Palabras clave: ADN, mutación, código genético, Aprendizaje Basado en Casos, *online*

2. Abstract

This End of Master Project develops the Didactic Unit (DU) entitled: “DNA, mutations and proteins: interconnection in 4th of Higher Secondary Education Genetics by using online methodology”. Its aim is to expand a significant learning in the students after completing a conceptual change of their previous knowledge about different genetic concepts.

Due to the current pandemic caused by SARS-CoV 2 coronavirus that the world is going through, this DU has been developed in order to be taught *online*, the students will receive the needed information using digital resources. Furthermore, *online* assessment tools have been taken into consideration. It should also be highlighted that the methodology called “Case-Based Learning (CBL)”, through which the students will have to solve a case by analysing a virtual research project guided by the professor.

The final purpose of this DU is to promote motivation and interest in Genetic, as well as to allow students to develop the ability of accomplishing a self-learning.

Keywords: DNA, mutations, genetic code, Case-based Learning, online.

3. Objetivos del Trabajo Fin de Máster

El Trabajo Fin de Máster que se expone a continuación, presenta en su conjunto, los siguientes objetivos:

- Asentar los conocimientos adquiridos en el Máster Universitario de Profesorado en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, tanto desde el punto de vista conceptual como metodológico y práctico.
- Desarrollar una Propuesta Didáctica *online*, dirigida a los alumnos de cuarto curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria en la asignatura de Biología y Geología.
- Lograr en el alumnado un aprendizaje significativo, efectuando el cambio conceptual de sus ideas previas referentes a los conceptos de Genética que en este trabajo se tratan: ADN, gen, mutaciones, código genético y proteínas.
- Llevar a cabo una metodología capaz de fomentar en los alumnos, el trabajo autónomo y la motivación hacia la ciencia, y más concretamente hacia el campo de la Genética.

4. Introducción

A continuación, se muestra un análisis sobre las diferentes ideas que se van a trabajar en la Propuesta Didáctica que se ha desarrollado en este Trabajo Fin de Máster.

4.1. Actualidad. Ciencia y genética en la sociedad

La sociedad otorgaba a la ciencia un concepto muy abstracto y acotado tan solo a los científicos que trabajan en ella así como a los especialistas; en general, la ciencia no formaba parte de la cultura de la persona.

En estos últimos años, la ciencia y en este caso, la Genética, ha sufrido un gran progreso. Ejemplos de este avance, es la manipulación de la expresión génica mediante ingeniería genética, el análisis del ADN en criminología, clonación, el desarrollo de las técnicas ómicas y los alimentos transgénicos, entre otros, dando lugar a repercusiones sociales, éticas y económicas.

Concretamente, en la segunda mitad del siglo XX, los avances genéticos han sufrido un importante avance, traduciéndose en un efecto en la sociedad (Armenta, 2008; Abril, 2010; Domènech et al., 2012.), definiendo incluso a la Genética como una disciplina altamente dinámica (Braam, 2009). Hoy en día, y más aún con la situación que estamos viviendo del coronavirus SARS-CoV2, ha hecho que la sociedad esté cambiando

su perspectiva de apreciar la ciencia, se trata de una sociedad “profundamente científicista” tal y como la define Muela (Muela, 2014). La credibilidad que proporcionan los medios de comunicación a los ciudadanos, al hacerles llegar información de productos como medicamentos, cosméticos e incluso productos alimenticios, de higiene o de limpieza, o las *fakenews* que están surgiendo estos días sobre el coronavirus, convierten a estos, en temas de actualidad y obligan a los ciudadanos a valorar la ciencia e incluir terminología científica a su propia cultura, y no quedando impertérritos tras el paso de todo este tipo de información frente a sus ojos.

Referente a los jóvenes, como representación de la sociedad en la que se enfoca este trabajo, cabe destacar que los temas mencionados anteriormente, están cada vez más presentes en su entorno, y es de esperar que quieran participar en debates sociales para expresar sus opiniones al querer, a su vez, estar informados. Por lo tanto, la genética como disciplina, presenta una gran relevancia en la formación de los estudiantes, tanto desde el punto de vista científico como personal (Abril, 2010). Debido a esto, Turney (Turney, 1995) citado por numerosos autores (Abril et al., 2004; Abril, 2010; Muela, 2014; González et al., 2017; Tsui y Treagust, 2010), sugiere tres motivos principales por los que desarrollar la comprensión de la Genética en la población en general, y en los estudiantes particularmente. El motivo primero, que lo denomina “utilitario”, hace referencia al uso práctico que deben establecer los estudiantes a partir de los conocimientos científicos que vayan adquiriendo. El siguiente motivo lo denomina “democrático”, involucra a los individuos a relacionar los conocimientos científicos adquiridos y aplicarlos participando en debates, en este caso, relacionados con temas sobre genética. Por último, y desde mi punto de vista el motivo más importante, el “cultural”, los estudiantes podrán incorporar la ciencia a su cultura personal, una cultura de sociedad, esto sucederá en un largo plazo, pues hoy en día no ocurre en la mayoría de la colectividad española. Estos tres motivos principales, ayudarán al alumnado a adoptar una actitud y pensamiento crítico para reconocer y valorar las aportaciones de la Genética y de la ciencia en general, así como desarrollar una alfabetización científica (Muela, 2014).

Por ello, es necesario destacar en este punto, la importancia del saber plantearse cómo aprender y qué aprender (Estébanez, 2014), es decir, los contenidos y el sistema didáctico, con el feed-back pertinente entre los profesores, los alumnos y el currículo. Los contenidos que se trabajen en este área, deben estar orientados a la adquisición de esa alfabetización científica y cultural, otorgándole a los estudiantes una perspectiva interdisciplinar, racional y sistemática de nuestro entorno. Pues la sociedad origina en los estudiantes un cambio en su comportamiento, entre otros como puede ser la aparición de conceptos erróneos en su aprendizaje, a lo que se añaden los cambios que sufren en su adolescencia. Debido a esto, existe una gran diversidad de alumnos en el aula, a lo que se añade el incremento, en estos últimos años, del fracaso escolar. Desde

el punto de vista de la educación, estos puntos son de vital importancia para enfrentarnos a una educación y metodologías que atiendan a toda la diversidad de alumnado, motivándolos.

4.2. Dificultades de los estudiantes en la adquisición de los conceptos de genética

Tal y como expone Abril y colaboradores (Abril et al., 2004), en el proceso de enseñanza-aprendizaje, los temas relacionados con la Genética y la Biología Molecular, son los que suscitan un mayor número de dificultades, tal y como se plasmaba hace ya varias décadas con varios trabajos (Deadman y Kelly, 1978; Finley et al., 1982). Actualmente, también se demuestra la dificultad que se genera en el proceso de enseñanza-aprendizaje en esta temática (Figini y Micheli, 2005). Existe una falta de comprensión de estos conceptos, pudiéndose trasladar a la poca capacidad que poseen los estudiantes de aplicar los conocimientos científicos a su vida cotidiana. Contextualizar la Genética en el ámbito en el que se desarrollan los alumnos, así como darles a conocer las implicaciones tecnológicas y sociales, sería una posibilidad única de interrelacionar los contenidos de la Genética con la sociedad actual (González et al., 2017).

En este punto de la introducción, se debe mencionar la existencia de una serie de obstáculos que encuentra el alumnado cuando va a llevar a cabo su proceso de aprendizaje, pues van a dificultar en su mayoría, la captación de los nuevos conceptos sobre genética que se le exponen en este caso. Nos encontramos en una era, donde la información está poco contrastada, existiendo a nuestro alcance tal cantidad de información, que nosotros mismos no somos conscientes de ello. Por esta razón, la enseñanza debe desarrollar un método que fomente el pensamiento crítico en los alumnos así como afianzar la duración de la información que se vaya adquiriendo.

Cabe destacar que, la educación en la sociedad de hoy en día, presenta un papel más que imprescindible, no solo como sucesora de conocimientos sino como causante de prejuicios, valores y cultura que, en los últimos años ha ido en decremento. (Castillo y Gamboa, 2012).

Varios estudios, (Abril et al., 2004; Estébanez, 2014; Furió et al., 2001; Muela, 2014) demuestran la influencia que presentan los medios de comunicación, tales como la televisión o Internet en general, tanto desde el punto de vista del avance científico como su inclusión y repercusión en la sociedad, en nuestros alumnos. Enfocándonos en el campo de la Genética, a través de los medios de comunicación, se da a conocer información desde diferentes vertientes, como son las series, películas, revistas y documentales. Se podría determinar que dichos medios de comunicación pueden tener dos efectos en los alumnos. Por un lado, familiarizarlos con la terminología científica, al

mencionar conceptos como ADN, mutación, clonación... en series como los Simpson o películas como X-Men (Estébanez, 2014; Muela, 2014). Por contraposición, la vertiente negativa de los medios de comunicación, es la falsa interpretación o concepto erróneo que dan a conocer, originando en los alumnos unas preconcepciones erróneas de los conceptos científicos que dificultarán su proceso de aprendizaje en el aula, como se mencionaba en el apartado anterior. Este hecho posibilita a que el alumnado construya lo que se denominan *ideas previas*, generalmente erróneas, que actúan como esos obstáculos para alcanzar una comprensión acertada sobre la genética. Es por esta razón, la importancia que presenta el docente a la hora de seleccionar y secuenciar todos los contenidos que considere pertinentes, así como las estrategias y metodologías a seguir en su aula. Generalmente, la mayoría de los docentes no conocen las ideas previas de sus alumnos, pero estudios (Ribón et al., 2019), indican la importancia que posee en el proceso de enseñanza-aprendizaje el reconocimiento de los conocimientos previos de los alumnos como punto de partida, este será uno de los puntos en los que se desarrollará la propuesta didáctica de este trabajo.



Figura 1. Origen de las dificultades en el aprendizaje de los conceptos de genéticas en los alumnos. Elaboración propia.

4.3. Pioneros en la enseñanza de la Genética mediante métodos no tradicionales

Ya en 1986, Patrick Ryan, desarrolló un procesador de texto para enseñar la estructura del ADN a sus alumnos, utilizando una herramienta informática que él mismo diseñó (Ryan, 1986). A este hecho, se incluye el definido por la profesora Sherry A. Clark,

en 1982 (Clark, 1982). Esta profesora, dio a conocer un método de enseñanza interactivo para sus alumnos, pues a partir de un modelo de estructura del ADN construido con materiales caseros, logró otorgar a los alumnos diferentes roles e incluso utilizar el mobiliario del aula, como es el uso de las sillas en círculo, para simular y explicar los procesos de transcripción y traducción. Como justificación a este novedoso método, expone desde su experiencia, que cuando fue estudiante, no fue hasta la sexta clase cuando ya por fin pudo comprender cómo se sintetizaban las proteínas. Con ello no solo hizo comprender a sus alumnos todo lo referido a la estructura del ADN y su traducción a proteínas, sino que también desarrolló una variante de este método para mostrarles las mutaciones, y su repercusión en la estructura-función proteica, hilo conductor de este Trabajo Fin de Máster.

Estos hechos, entre otros más personales y vocacionales, me impulsan a desarrollar una metodología diferente a la tradicional de transmisión-recepción de conceptos, basada en las ideas previas de los estudiantes y, trabajando la motivación y el trabajo de investigación en los alumnos mediante el Aprendizaje Basado en Casos, con una novedad, la metodología *online*. Estos puntos son los que se van a tratar a continuación.

4.4. Ideas previas en el alumnado de secundaria

En primer lugar, en cuanto a las ideas previas, Tamayo, (Tamayo, 2002 citado por Ribón et al., 2019), las define como *conocimientos que el estudiante tiene antes de que se genere el aprendizaje de un área específica, son inconscientes, difíciles de olvidar y por lo general no están bien estructurados*. Al ser conceptos erróneos en su mayoría, se ha demostrado que tienen cierta semejanza con esas concepciones científicas remotas que a lo largo de los años, han tenido los propios científicos cuando, durante sus investigaciones, se enfrentaban a un problema por primera vez.

Las ideas previas han sido denominadas de diferentes modos a lo largo de los años: Ausubel las denominó como *preconceptos*; Osborne y Freyberg como *ideas de los niños*; Novak las denominó *concepciones erróneas*; a diferencia de *concepciones espontáneas* llamadas por Pozo y Carretero (Armenta, 2008). La denominación de *ideas previas* es muy aceptada por la comunidad educativa, pues hace alusión a unos conocimientos que posee el alumno antes de adquirir un aprendizaje formal de los mismos.

El origen de las ideas previas, en su mayoría, se encuentra en el contexto e influencias que posee el estudiante, provenientes de su entorno, y están arraigadas a su persona, a su nivel cognitivo. Respecto a la Genética y Biología Molecular, cada vez más, se hace alusión a conceptos como son *ADN*, *mutación*, *gen* o *evolución*, pues son temas

actuales y fácilmente tratables, por ejemplo a través de los medios de comunicación, pues son estos los que mejor llegan a los estudiantes (Abril, 2010). Este continuo aluvión de términos mayoritariamente erróneos, puede hacer incluso que los estudiantes supongan dominar y conocer dichos conceptos, obstaculizando así el aprendizaje formal posterior, donde se logrará inculcar la connotación correcta de los términos.

Continuando con esa enseñanza formal, es importante tener en cuenta la función que poseen estas ideas previas en la asimilación de los conceptos de genética en nuestro caso. Jones (Jones et al., 1999), indica que los docentes que conocen cuáles son esas ideas previas que presentan sus alumnos, determinarán en los mismos una mejor formación. Se necesitará por tanto, saber el punto de partida de los alumnos, es decir, esas ideas previas que inevitablemente presentan en el campo de la Genética, y más concretamente en 4º de ESO, haciendo referencia a los alumnos a los que va dirigida la propuesta didáctica que se presentará posteriormente. Esto no evita que los estudiantes encuentren dificultades en adquirir este tipo de conocimiento científico, es más, se debe tener en cuenta que adquirir nuevos conocimientos relacionándolos a su vez con los que ya han adquirido previamente, es complejo para ellos, es lo que se apela como *aprendizaje significativo*. Este tipo de aprendizaje se origina cuando los alumnos efectúan lo que se denomina *cambio conceptual*, se trata de la transmutación de su idea previa errónea por la connotación adecuada del concepto.

Debido a la gran importancia de las ideas previas en el proceso enseñanza-aprendizaje, estas tendrán un peso particular en la propuesta didáctica que se expone más adelante, así como el aprendizaje significativo. No se debe olvidar que, para llevar a cabo todo lo que se ha tratado anteriormente, el alumnado debe estar motivado y con una actitud favorable para el aprendizaje, pilar fundamental también en la propuesta didáctica.

4.5. Modelo constructivista. Aprendizaje significativo y cambio conceptual

En el estudio de Cáceres (Cáceres, 2017), se hace referencia al concepto de *aprender como un proceso que consiste en adquirir conocimientos, habilidades, valores y actitudes a través de la enseñanza o estudio, con el fin de producir un cambio en el comportamiento del individuo*. Cuando los docentes enseñan conceptos de Genética, en general novedosos para los alumnos, hacen que los estudiantes activen sus ideas previas relacionadas o no con el tema a tratar. De modo que, si el docente identifica dichas concepciones y además, identifica con este contenido experiencias cotidianas, hará que el alumnado active esos conocimientos previos y comience a aprender a partir de ellos, es lo que se denomina aprendizaje significativo. En el caso de los conceptos de Genética, que son difíciles de aprender por los alumnos, es importante este aprendizaje significativo, pues los conceptos complejos no se aprenderán de forma mecánica o

repetitiva, sino que deben estructurarse en los niveles cognitivos del estudiante (Cáceres, 2017).

En relación con el constructivismo, cabe destacar que este defiende la existencia de las ideas previas de los estudiantes como obstáculo a los que los alumnos deben enfrentarse, y saber cimentar un nuevo conocimiento a partir de ellas, así se construye el aprendizaje humano. (Abril, 2010). Carretero, (Carretero, 2011), en su estudio definía los principios prácticos de la metodología constructivista resumiéndolos en cinco puntos: iniciar en el nivel del alumnado, afianzar en ellos un aprendizaje significativo así como su desarrollo autónomo, hacer que los estudiantes transformen los esquemas de sus ideas previas y entablar conexiones entre el conocimiento adquirido y esos esquemas preestablecidos. Este último punto, se relaciona con la necesidad que deben tener los alumnos de llevar a cabo un *cambio conceptual*, al modificar sus ideas previas, y más concretamente en el ámbito de la ciencia, al tratar de incluir en sus niveles cognitivos los términos científicos y correctos que la ciencia hoy en día acepta.

El cambio conceptual va a formar parte de uno de los objetivos de este trabajo, tratándose de abordar en la propuesta didáctica. Para tener en cuenta cómo se puede originar el cambio conceptual, Hewson (Hewson, 1981) destaca tres casos: la existencia de una incompatibilidad entre la idea nueva y la preconcebida, lo que podría originar el rechazo de la misma, (no se originaría un aprendizaje significativo). Por otro lado, que el concepto nuevo sea compatible con la idea previa y se origine una combinación de ambas, se produciría un aprendizaje significativo, esto lo denomina *captura conceptual*. Y por último, puede darse el caso en que el concepto nuevo sustituya completamente al preconcebido, se trataría por tanto de un intercambio conceptual, es aprendizaje significativo. De aquí, toda la importancia de la jerarquía de los conceptos, que permita diferenciar los conceptos, capacitando a los alumnos la construcción de su aprendizaje.

En relación con esta jerarquía de conceptos, es importante tener en cuenta lo que se denomina “Taxonomía de Bloom” representada en la *Figura 1*. Se trata de una jerarquía de los niveles de desarrollo cognitivo del alumno, desde los más básicos, a los que presentan mayor complejidad en función del conocimiento que estos vayan adquiriendo. Es decir, el docente va a ir secuenciando los conocimientos a medida que los estudiantes vayan avanzando en la adquisición de nuevos conceptos científicos, en este caso de Genética, familiarizándose con los mismos, tal como se trabajará en la propuesta didáctica que en este Trabajo Fin de Máster se presenta. Los niveles básicos refieren a una comprensión mínima, seguida de un entendimiento un poco más complejo de los conceptos que se tratan. Los niveles superiores abarcan la aplicación de la información obtenida, la síntesis, evaluación y creación de información. Esto va a ayudar a un mejor asentamiento del conocimiento por parte de los alumnos, se

desarrolla en los ellos un aprendizaje significativo. Se ha demostrado un mejor rendimiento en el alumnado siguiendo dicho método (Jensen et al., 2014).

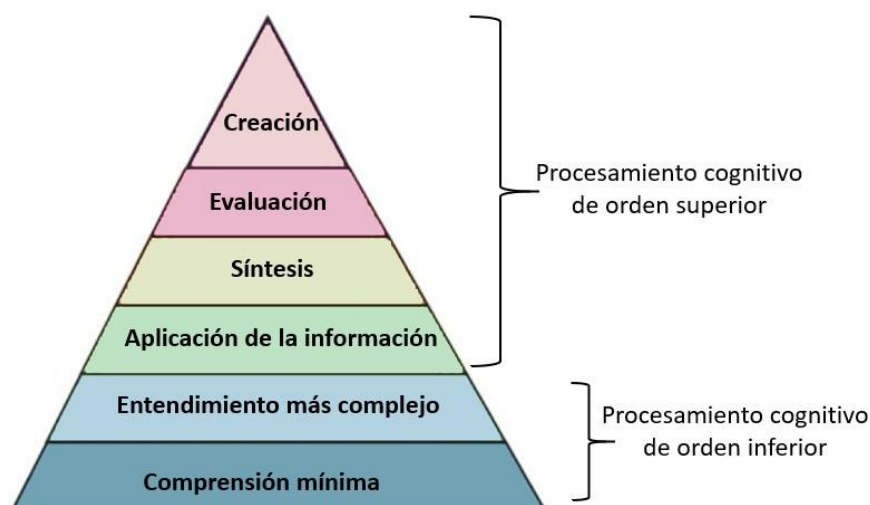


Figura 2. Taxonomía Bloom. Elaboración propia.

4.6. Motivación en el alumnado de secundaria

Además de las ideas previas, el estudiante debe tener interés por aprender, en definitiva, estar motivado, pues va construir su propio conocimiento sin necesidad de ser un mero receptor de información con una actitud indiferente. Hoy en día, la falta de motivación en la educación formal es un problema que está presente, y está demostrado que la motivación es fundamental para que el estudiantado consiga llegar al éxito (Bixio, 2006).

La ciencia en general, y la Genética en particular, poseen un carácter meramente conceptual en la sociedad y es por ello que puede originar esa desmotivación en el estudiante. Los docentes no deben olvidar que la motivación de los estudiantes es uno de los pilares fundamentales del aprendizaje significativo, y es por ello que están trabajando para que sus alumnos logren el éxito con una alta motivación a través de numerosos recursos y metodologías (Cáceres, 2017). Se ha demostrado que, las estrategias mediante las que se enseña empleando objetivos, incrementan notablemente la motivación y rendimiento en los estudiantes (Woolfolk, 2006). La propuesta didáctica que se mostrará más adelante, tendrá como uno de sus pilares fundamentales, incentivar esta motivación en el alumnado, pues tal y como han demostrado los estudios expuestos anteriormente, la motivación en los alumnos hará que estos desarrollen un mejor rendimiento y alcancen el éxito en la asignatura.

4.7. Aprendizaje Basado en Casos (ABC) y trabajo por investigación

El constante y rápido desarrollo de la ciencia y la tecnología en la actualidad, impone la necesidad de desarrollar y aplicar métodos de enseñanza que permitan al estudiante un continuo aprendizaje. Las metodologías basadas en el autoaprendizaje permanente, se convierten así en un cimiento básico para lograr el éxito en la enseñanza en este siglo XXI, ya que sientan las bases para el desarrollo de habilidades tales como la de planificación (autogestión), la evaluación del aprendizaje (autocontrol), capacidad de entender cómo aprender (meta-aprendizaje) y conocerse a sí mismo (autoconciencia) (Rezaee and Mosalanejad, 2015).

La adquisición de todas las habilidades mencionadas anteriormente (autoconciencia, autocontrol, autogestión y meta-aprendizaje), prosperarán si se establecen interacciones motivacionales y cognitivas en la persona, en este caso, en los alumnos (*Figura 2*).

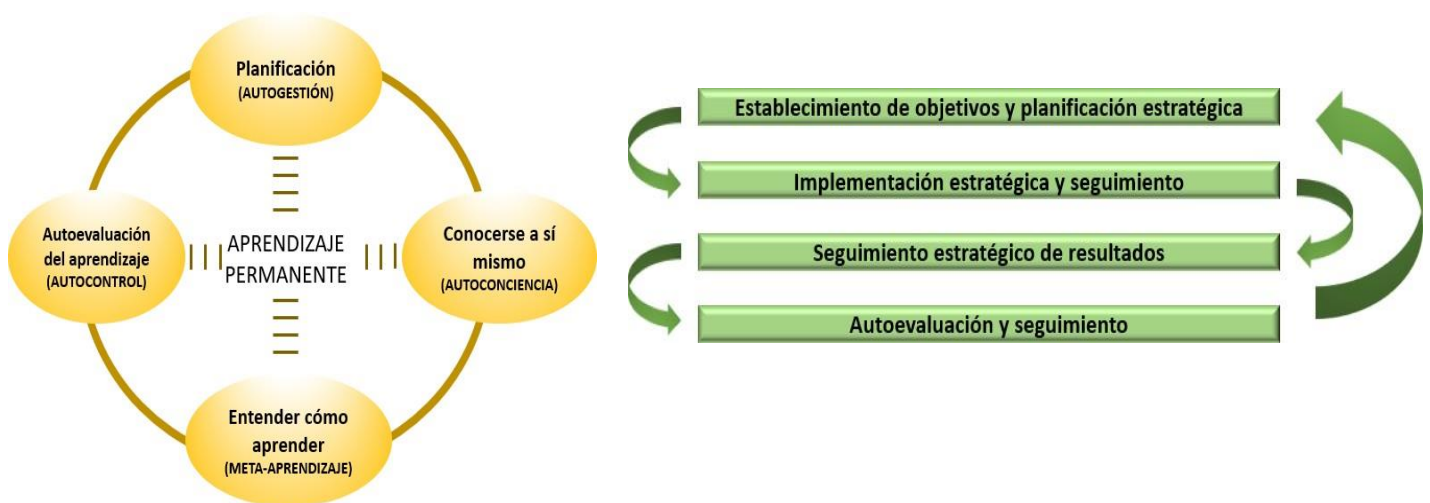


Figura 3. . Interrelación de las habilidades que se desarrollan mediante el aprendizaje permanente e interacciones establecidas para el desarrollo motivacional de los alumnos. Elaboración propia. Adaptada de (Rezaee and Mosalanejad, 2015).

En la propuesta didáctica que se muestra en este trabajo, se va a trabajar el *Aprendizaje Basado en Casos*. Thistlethwaite (Thistlethwaite et al., 2012) define el Aprendizaje Basado en Casos (ABC) como *una experiencia de aprendizaje estructurado de indagación mediante el uso de casos simulados o reales para resolver o examinar problemas, a través de un instructor-guía y objetivos preestablecidos*. Para este autor, el ABC es una forma de aprendizaje basada en la investigación, donde se presenta al alumno parte de la información necesaria para resolver los casos antes o durante su realización, con el objetivo crucial de fomentar la motivación y trabajo autónomo del alumnado, así como impulsar la retención de los conceptos novedosos.

La metodología ABC se centra en dos pilares fundamentales. Uno de ellos es el caso en sí, un relato que plantea una situación de la que emanan una serie de cuestiones. El otro, es la discusión de dichas cuestiones y soluciones propuestas por el alumnado tras informarse autónomamente, con el fin de darles respuesta.

Los casos que forman parte de esta técnica van a comprometer al alumno a resolver problemas tomando una serie de decisiones, sin tener que realizar un análisis, ni llegar a unas conclusiones muy concretas. Estos casos, además de ayudar al estudiante a saber diferenciar información relevante de aquella que no tiene tanta importancia, van a ofrecer a los alumnos la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos asimilados. Las respuestas a los casos deberían no ser únicas, pues la interpretación y análisis de los mismos que se realiza durante la discusión por parte del alumnado, junto con sus habilidades y conocimientos, les llevarán a formalizar unas respuestas u otras (Allchin, 2013). Es necesario hacerles ver a los estudiantes, que la investigación o la resolución de problemas no es única e individual, sino que se trata de un trabajo multidisciplinar que abarca diferentes perspectivas.

La modalidad de casos es diversa, lo mismo que su complejidad, buscando de diferentes maneras, potenciar los conceptos que se consideren oportunos y que se han definido como objetivos del aprendizaje. La misión de los casos es complementar el contenido curricular estándar que se imparte, no suplirlo. La magnitud del caso puede variar, lo que va a determinar su estructura, el modo en que se desarrolle y su temporalidad. Cabe destacar que, indudablemente, lograr todo esto supone un gran esfuerzo y tiempo por parte del docente.

En la propuesta didáctica, más concretamente en sus sesiones finales, se va a trabajar sobre el caso del “Síndrome X frágil”. Es una enfermedad hereditaria que, desgraciadamente, hoy día está presente en la sociedad, lo que siguiendo la metodología ABC, convierte a este caso en un argumento actual y que incentiva al alumno a querer resolverlo. El estudiante va a ir alcanzando los objetivos del aprendizaje durante las sesiones del caso, tanto si se ejecutan en papel, en clase, o en línea, como es el caso de la propuesta didáctica.

4.8. El coronavirus SARS-CoV 2 y el impacto en el profesorado y en los centros educativos

Todo el sistema educativo está en un continuo desafío, pues ha tenido que llevar a cabo una transición casi inmediata, del modelo pedagógico presencial tradicional, a una modalidad digital, debido a la Pandemia mundial causada por el SARS-CoV 2.

Como expone Córdor-Herrera (Córdor-Herrera, 2020), este nuevo contexto en el que se desarrolla actualmente el proceso enseñanza-aprendizaje, ha permitido que el

sistema educativo tenga en cuenta tres perspectivas fundamentales: poner en práctica los recursos digitales, cubrir la capacitación del personal docente y, por último, la adaptación de los estudiantes a esta nueva modalidad. Estos tres puntos deben estar interconectados, para así poder desarrollar una enseñanza de calidad. Además, se debe prestar atención a la función tan importante que ejercen, ahora aún más, las familias, pues los estudiantes deben tener guía y orientación en casa, para poder llevar a cabo sus tareas. Como consecuencia, esta situación precisa de un período de capacitación y asimilación por parte de todas las familias, estudiantes y personal docente, para poder alcanzar el máximo rendimiento del alumnado en esta nueva modalidad de enseñanza virtual.

En cuanto al profesorado, estos deben tener en cuenta que el desarrollo de una nueva metodología, como es la digital, puede promover el desarrollo de estudiantes más autónomos, independientes y participativos, tan solo deben poseer la formación, las herramientas y recursos necesarios para llevarlo a cabo (Moreno, 2020). En este tipo de metodología, el profesor desempeña otro tipo de rol, ya que debe depositar una gran confianza en sus alumnos, desde que presten atención en las explicaciones, hasta la hora en la que ejecuten las pruebas de evaluación, sin la presencia física del docente en el entorno del alumno.

Existen diferencias en cuanto a cómo han respondido los centros frente a esta situación, referente al abordaje de su enseñanza. Por un lado, hay centros que han optado por continuar con sus horarios completos, priorizando el avance del currículum y los contenidos. En cambio, otros centros han actuado siguiendo lo que Douce y colaboradores (Douce et al., 2020) define como lógicas colaborativas escuela-familia, donde prima la salud, seguridad y bienestar de los alumnos y familias, sin olvidar aun así la importancia del proceso de enseñanza-aprendizaje (Muñoz y Lluch, 2020).

Esta situación, refleja la justificación por la que se ha diseñado una metodología *online* para poder abordar la Unidad Didáctica propuesta.

4.9. El currículo y la Genética

En el currículo del segundo ciclo de Educación Secundaria Obligatoria de la asignatura de Biología y Geología, la Genética conforma un núcleo importante, aunque ha de destacarse que es en 4º ESO cuando por primera vez, se tratará esta materia, (González, 2017). Sin embargo, en el caso en el que los alumnos no quieran seguir cursando el itinerario científico, en 3º ESO será la última vez que hagan referencia a la Genética, aún sin adentrarse de lleno en esta materia. Esto se debe a que en 4º de ESO, la asignatura de Biología y Geología es optativa troncal en la enseñanza pública.

Dicho currículo se debe contextualizar, es decir, emplear aplicaciones y argumentos que estén presentes en la vida cotidiana de los alumnos (Morón, 2013). De este modo, se despertará el interés y motivación del estudiante, facilitando además la asimilación y entendimiento de la materia.

Llevando a cabo un análisis del currículo de la asignatura de Biología y Geología en la Educación Secundaria Obligatoria, explícito en la *Ley Orgánica del 2/2006 del 3 de mayo, de Educación*, la asignatura de “Biología y Geología” se cursa en el primer ciclo (primero y tercero) como asignatura troncal obligatoria; en el segundo ciclo (cuarto curso), se oferta como una optativa a cursar en el bloque de materias troncales. En el *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre*, en cuanto a los contenidos de Genética, los alumnos tratarán diferentes contenidos en 1º, 3º y 4º curso de ESO. Durante el primer ciclo, los contenidos van a centrarse en los seres vivos y en su interacción con el medio, la importancia de la salud y del entorno que los rodea. Respecto a los contenidos de Genética, tan solo se muestran unas breves pinceladas en tercer curso, sobre la organización general del cuerpo humano: célula, tejido, órganos, aparatos y sistemas. Por lo que cuando los alumnos llegan al segundo ciclo (4º curso de ESO), en referencia a los conceptos de Genética presentes en el contenido legislado, tan solo han recibido una formación básica sobre los componente y estructuras celulares. Es en 4º curso de ESO cuando los alumnos van a recibir una formación de aspectos más concretos de la Genética en este caso, y más concretamente, en el primer bloque del *Real Decreto 1105/2014*, en la asignatura Biología y Geología, que no debemos olvidar que en este curso es una materia optativa. Esto por lo tanto, nos da la opción de conocer la posibilidad de que haya alumnos que acaben la Enseñanza Secundaria Obligatoria sin ninguna formación sobre conceptos de Genética propiamente dichos, a pesar del impacto cada vez mayor en la sociedad. En 4º de ESO, se tratarán conceptos como la mitosis, la meiosis, los estudios de la herencia y, de nuestro interés, estudios del ADN, código genético y mutaciones entre otros. Cabe destacar la visión descontextualizada de la ciencia que presenta el currículo definido en este *Real Decreto*, ya que los alumnos perciben los contenidos como irrelevantes y totalmente desconectados de su vida cotidiana y problemas existentes (Pedrinaci, 2011).

Estos hechos van a dificultar que los estudiantes accedan a los organismos institucionales dedicados a la ciencia, así como a que no comprendan los avances científicos que se están llevando a cabo. Incluso, tengan una gran dificultad en entender los estudios que en estos días se están dando a conocer sobre el coronavirus y la situación social que estamos viviendo.

En relación con el apartado anteriormente expuesto, “Ideas previas en los alumnos de secundaria”, he de destacar otro hecho que puede dificultar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los conceptos de Genética, y es que a tan avanzada edad (15-

16 años en 4º de ESO, si no se ha repetido ningún curso), sus ideas previas van a tener un fuerte arraigo en estos estudiantes debido al ambiente en el que se rodean: sociedad, medios de comunicación, enfermedades, bulos, noticias, redes sociales, etc. Es por ello que diferentes desarrollos curriculares, defienden la gran utilidad que tiene el conocimiento de las ideas previas de los estudiantes como punto de partida en la enseñanza, habiendo incluso recursos que proporcionan a los docentes, una relación de las ideas previas más significativas (Banet, 2000;; Armenta, 2008; Abril, 2010). La evidencia de estas ideas previas en los docentes, permite fomentar en los alumnos ese aprendizaje significativo, y tal como expone Muela (Muela, 2014), *el aprendizaje no se ve solamente como un cambio conceptual, sino también como un cambio ontológico, epistemológico, metodológico y axiológico*.

5. Justificación del tema elegido

Todos los puntos que se han mostrado anteriormente, plasman en definitiva, la justificación del tema principal elegido como es este del ADN, código genético y mutaciones, mediante una metodología *online*.

En primer lugar, destacar la importancia de la sociedad actual y la gran influencia que tienen los medios de comunicación en hacer aparecer esas ideas previas en el alumnado, generalmente erróneas como ya se ha expuesto. Pero, este hecho se acentúa más en el caso de la enseñanza de las ciencias, y en este caso, de la Genética y sus conceptos básicos. Los docentes, hemos de estar seguros que el alumnado presenta unos cimientos de conceptos básicos, lo suficientemente sólidos como para poder seguir avanzando en su aprendizaje. Es por ello que se ha optado por trabajar a partir de ideas previas, para originar en los estudiantes ese cambio conceptual, un aprendizaje significativo.

En segundo y último lugar, la elección del contenido seleccionado, también va a intentar suplir las carencias que presenta el currículo sobre estos conceptos a lo largo de toda la enseñanza secundaria, como se ha expuesto en el apartado “el currículo y la genética”. Además, la metodología escogida, trabajará y fomentará la motivación de los alumnos en el campo de la Genética, así como el aprendizaje autónomo mediante la metodología de Aprendizaje Basado en Casos, que en definitiva, se basa en un trabajo de investigación que los estudiantes deben desarrollar.

Teniendo en cuenta la situación pandémica que estamos viviendo a causa del SARS-CoV2, desde el punto de vista de educación y más concretamente en esta UD, se ha optado por desarrollarse la misma siguiendo una modalidad *online*. Para ello, se empleará la plataforma en línea del centro en el que se va a efectuar esta propuesta didáctica como es *Moodle* que, junto con Séneca, son las plataformas que ofrece la

Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, donde se expondrán vídeos explicativos que el docente deberá elaborar, para hacerle llegar a sus alumnos el material oportuno. Se efectuarán videoconferencias utilizando las herramientas informáticas de *G-suite for education*, donde se expondrán las clases virtuales pertinentes, que aunque sean *online*, tendrán el mismo horario semanal que como si se ejercieran de forma presencial.

6. Fundamentación teórica

Tras la justificación de la temática elegida así como de la metodología que se va a desarrollar en la propuesta didáctica, se muestra seguidamente la fundamentación teórica básica, que recoge la unidad didáctica en su totalidad. Por un lado, la fundamentación teórica que corresponde a las clases virtuales (videoconferencias), y por otro, fundamentación teórica complementaria que se dará a conocer a los alumnos cuando vayan a ejecutar el caso titulado “La sinfonía del ADN” mediante la metodología ABC, pues les servirá para poder resolverlo.

6.1. Fundamentación Teórica Básica

6.1.1. Qué es una proteína. Quién forma una proteína

En primer lugar, hay que destacar que las proteínas son biomoléculas constituidas por aminoácidos. Cada uno de los de aminoácidos se une al siguiente mediante un enlace denominado enlace peptídico que se mostrará posteriormente. Igualmente que se forman, las proteínas también pueden degradarse a través de la rotura de dichos enlaces peptídicos hasta dar lugar de nuevo a los aminoácidos que las constituyen, es lo que se denomina desnaturalización.

A. Aminoácidos

Existen 20 aminoácidos esenciales. Todos ellos presentan una estructura común: grupo con carga positiva (NH_3^+) y grupo con carga negativa (COO^-), unidos al mismo carbono.

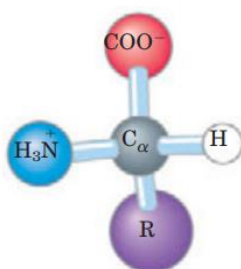


Figura 4. Estructura general de un aminoácido. Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2013)

Como se aprecia en la *Figura 3*, cada aminoácido va a presentar un grupo R, el cual va a ser característico de cada uno de ellos, otorgándoles diferencias en sus cargas, solubilidad, estructura y tamaño.

Además, a los 20 aminoácidos esenciales se les ha asignado símbolos de una sola letra o abreviaturas de tres letras,

ambas equivalentes, para sobre todo, agilizar la numerosa secuencia por las que están formadas las proteínas (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).

B. Péptidos y proteínas

Como se mencionó en el apartado anterior, los aminoácidos se van a poder unir unos con otros mediante un enlace denominado **enlace peptídico**, formando lo que se denomina un dipéptido.

Centrándonos en la formación del enlace peptídico, cabe destacar que este es un tipo de enlace que se forma mediante deshidratación del grupo con carga negativa de un aminoácido y el grupo con carga positiva del aminoácido adyacente al anterior.

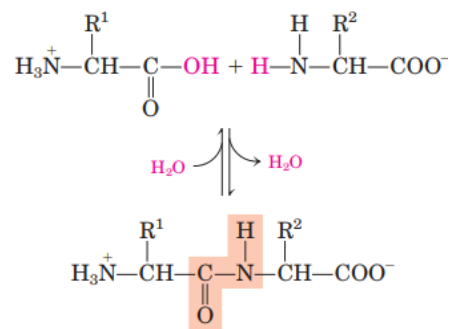


Figura 5. Formación de un enlace peptídico. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).

Una vez entendido lo que es un dipéptido, se sobreentiende que un péptido en general, será una cadena de aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos. Dependiendo del número de aminoácidos que lo conformen será un dipéptido, tripéptido, tetrapéptido, etc., pero siempre habrá un número menor de enlaces peptídicos en comparación al número de aminoácidos que se unan, es decir, un pentapéptido está constituido por 5 residuos de aminoácido pero tan solo existen 4 enlaces peptídicos (*Figura 6*). Siempre una proteína va a tener un grupo con carga positiva y un grupo con carga negativa en cada uno de sus extremos.

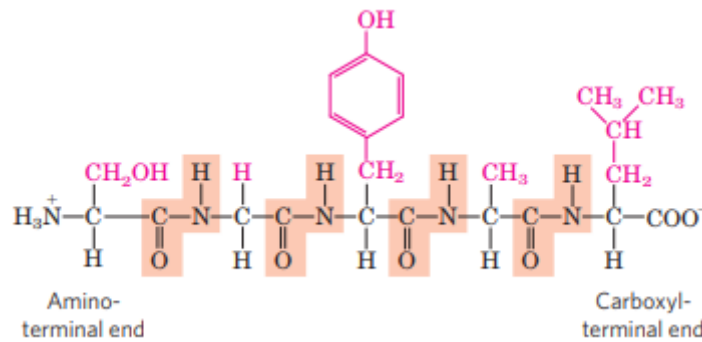


Figura 6. Pentapéptido Ser-Gly-Tyr-Ala-Leu formado por cuatro enlaces peptídicos.
(Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).

C. Estructura de las proteínas.

A continuación, se van a dar una breves pinceladas sobre las diferentes estructuras que puede tener una proteína.

- Estructura primaria: secuencia lineal.
- Estructura secundaria: plegamiento local.
- Estructura terciaria: plegamiento global.
- Estructura cuaternaria: asociación de plegamientos globales.

En su conjunto, todas las estructuras de las proteínas van a lograr su estructura tridimensional plegando su cadena según la secuencia de aminoácidos que estas posean, dando lugar además a una **función determinada**: estructural, de reserva, hormonal, de transporte, etc. Un inconveniente es que las proteínas se pueden desnaturalizar, es decir, pierden su estructura original y también su función biológica. La desnaturalización proteica se puede llevar a cabo bien aplicando temperatura, detergentes, etc., pero en su conjunto se denominan agentes desnaturalizantes.

6.1.2. Los ácidos nucleicos. Conceptos: ADN y gen

El ADN es la biomolécula en la que se encuentra definida toda la información genética del individuo, todas las secuencias de las proteínas celulares, además de las secuencias de los ARNs. Se va a denominar **gen** al segmento de ADN que contiene la información necesaria para poder sintetizar un producto biológico como es una proteína. Hay que destacar que un gen no codifica solo a una proteína, sino que codifica a muchas proteínas diferentes, todo ello depende de cuál sea la secuencia codificante. El ADN se encuentra en los *cromosomas*: estructuras en las que se

encuentra la mayor parte de la información genética (ADN muy compactado) del individuo. Referente a los ARNs celulares, existen tres clases de ARN principales:

- ARN ribosómico (ARNr): componen los ribosomas (orgánulos en los que se van a sintetizar las proteínas).
- ARN mensajeros (ARNm): transportan la información genética del núcleo celular hacia los ribosomas.
- ARN transferente (ARNt): traducen la secuencia genética en proteica, al transportar los aminoácidos correspondientes hacia el ribosoma donde se va sintetizando la proteína (proceso de traducción).

A. *Composición y estructura del ADN*

Rosalind Franklin, Watson y Crick descubrieron en 1953 la estructura completa del ADN tras numerosos estudios realizados de aislamiento e identificación de estas biomoléculas. Dicha estructura consta de dos cadenas antiparalelas helicoidales que giran alrededor de un eje central longitudinal imaginario. (Klug, A., 1968).



Rosalind Franklin,
1920-1958



James D. Watson



Francis Crick, 1916-2004

Figura 7. Rosalind Franklin, James Watson y Francis Crick. Descubridores del ADN y su estructura. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)

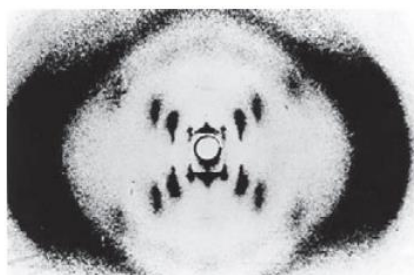


Figura 8. Imagen obtenida por Rosalind Franklin cuando descubrió el ADN. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)

Mediante esta imagen obtenida por rayos X, que realizó Rosalind Franklin, descubrió el ADN y su estructura.

Concretamente, el ADN está formado por nucleótidos. Los nucleótidos son las unidades por los que se componen los ácidos nucleicos. A su vez, los nucleótidos están formados por tres elementos fundamentales: la base nitrogenada, una pentosa y un fosfato. Estos tres elementos se mantienen unidos mediante enlaces específicos. Las bases nitrogenadas son, en el caso del ADN: adenina, timina, guanina y citosina, y en el caso del ARN en vez de timina, se encuentra uracilo. En cuanto al azúcar (glúcido) que presentan los ácidos nucleicos, la ribosa compone el ARN y la desoxirribosa el ADN. Se muestra en la siguiente imagen el esquema general:

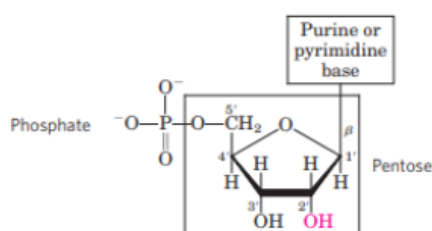


Figura 9. Estructura general de un nucleótido. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).

Los nucleótidos están unidos entre sí, y las bases nitrogenadas que conforman dicha estructura se disponen en el interior, formando puentes de hidrógeno con su base nitrogenada complementaria de la otra cadena. La adenina es complementaria a la timina en el caso del ADN o del uracilo en el ARN, y la guanina es la complementaria de la citosina, y viceversa en ambos casos. (Figura 10)

Dichos apareamientos dan lugar a la disposición de dos surcos a lo largo de toda la doble hélice de ADN: el surco menor y el surco mayor. El ADN está formado por dos cadenas antiparalelas, esto quiere decir que, una cadena va a tener orientación 5'-3' y la otra 3'-5'. Estos números hacen referencia a la posición del carbono del azúcar que queda sin establecer un enlace, como se muestra en la *Figura 10*. En la siguiente imagen se muestra tanto el apareamiento de las bases complementarias como la aparición de los dos surcos en la cadena de ADN.

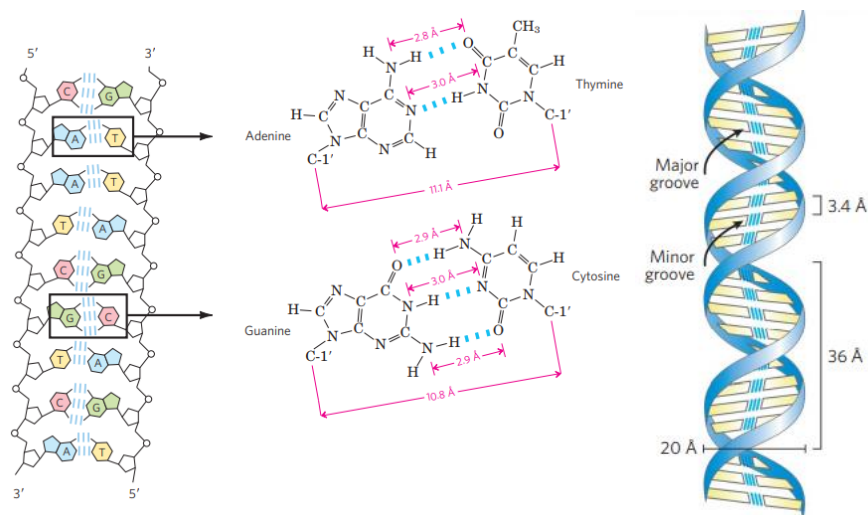


Figura 10. Apareamiento de las bases nitrogenadas y disposición de los surcos en la doble hélice de ADN. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).

6.1.3. Replicación del ADN

Este proceso, lo lleva a cabo la célula cuando se va a dividir, para transmitir la misma información de la célula madre a las células hijas. En primer lugar, mediante una proteína, se van a separar las dos cadenas de ADN, pues esta va a romper los puentes de hidrógeno que existen entre las bases nitrogenadas complementarias. Luego, la doble hélice se separa formando una estructura denominada horquilla u origen de replicación, es donde va a empezar el proceso de replicación del ADN propiamente dicho (Miller, O. & Therman, E., 2001).

Una cadena se denomina continua (orientada de 5' a 3') y la otra discontinua (orientada de 5' a 3'), y servirán como cadenas molde para sintetizar sus cadenas complementarias. Los nombres de continua o discontinua, hacen referencia a cómo se va a llevar a cabo la síntesis de sus respectivas cadenas complementarias.

Para la síntesis de las cadenas complementarias, se van a ir agregando nucleótidos, teniendo estos la bases nitrogenadas complementarias a la base nitrogenada de los nucleótidos de cada cadena molde (Miller, O. & Therman, E., 2001). A partir de las dos cadenas de ADN originales, se han dado lugar otras dos cadenas complementarias a las originales, por ello se denomina *replicación semiconservativa* (Figura 11). Para evitar que se produzcan errores en el proceso, existen proteínas de reparación que detectan los fallos de la replicación, y sustituyen unos nucleótidos por otros. Hay veces que el mecanismo de reparación no se lleva a cabo y se originará una mutación genética.

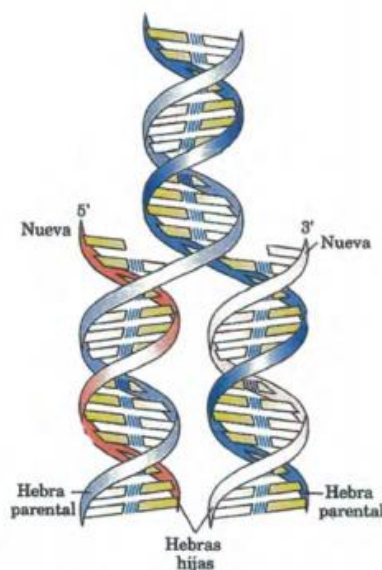


Figura 11. Proceso de replicación del ADN. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)

Como se trata de un proceso complejo, se recomienda al docente mostrar algunos vídeos en los que los alumnos aprecien el proceso de replicación del ADN como un proceso continuo, en el que intervienen muchos componentes como se ha explicado. (Se muestra en la sesión 3 de esta UD).

6.1.4. Proceso de expresión génica: transcripción y traducción

El proceso de expresión génica se divide en dos fases a las que se les denomina, en orden en el que ocurren en la célula, transcripción y traducción.

En primer lugar, la transcripción. Consiste en el proceso a partir del cual, se obtiene una molécula de ARNm a partir de una molécula de ADN molde, gracias a la enzima llamada ARN polimerasa. Existen señales en la secuencia que hacen que la ARN polimerasa determine el comienzo y el final de la síntesis del ARNm concreto. El ARNm traslada la información genética desde el ADN a los ribosomas, en los que los ARNm contienen la futura secuencia de aminoácidos que formarán la proteína.

En segundo lugar, ocurre el proceso de traducción, la síntesis de proteínas. Ese ARNm con la secuencia del gen que se va a expresar, se traduce a proteína al introducirse en los ribosomas de las células. Entran en juego los ARNt que, como se ha mencionado anteriormente, son los encargados de transportar los aminoácidos a los ribosomas, pero además, contienen lo que se denomina anticodón, la secuencia complementaria al codón que se está codificando del ARNm en los ribosomas para dar lugar a la proteína específica que se esté traduciendo. Concretamente, las tres bases nitrogenadas de la secuencia del ARNm (llamadas codón), corresponden a un anticodón presente en un ARNt, que presenta a su vez el aminoácido concreto de la proteína. Cuando tres bases

nitrogenadas del ARNm se introducen en el ribosoma, el ARNt detecta a estas, y determina el aminoácido que debe introducir en el ribosoma para fabricar la proteína.

Estos dos procesos son bastante complejos, pero el docente, en 4º ESO debe asegurarse que al menos los conceptos quedan claros y bien asentados. Para ello, se van a abordar estos conceptos en la sesión 4 de la UD con los recursos que se muestran en la misma.

6.1.5. El código genético.

Las moléculas de ARN y el ribosoma, detectan el comienzo y el fin de la traducción, pues este proceso no es infinito. Esto se debe gracias a la existencia de la señal de inicio de traducción, que se trata del codón (tres bases nitrogenadas de la secuencia del ARNm), AUG que corresponden con el aminoácido Metionina y a diferentes señales de terminación (UAA, UAG y UGA), en los que el ribosoma se desprende del ARNm y finaliza la síntesis de la proteína determinada.

Al igual que el codón AUG corresponde al aminoácido Metionina, existen otros muchos codones que corresponden a los demás aminoácidos que se han estudiado en apartados anteriores, es lo que se denomina código genético. Es más, varios codones diferentes pueden codificar a un mismo aminoácido, por ello se dice que el código genético es degenerado (*Figura 12*). Este hecho, tiene repercusiones en las mutaciones que se pueden dar en la secuencia del ADN por diversas causas.

		Second nucleotide					
		U	C	A	G		
First nucleotide	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
	C	CUU Leu CUC CUA CUG	CCU CCC Pro CCA CCG	CAU His CAC CAA Gln CAG	CGU CGC Arg CGA CGG	U	C
	A	AUU Ile AUC AUA AUG Met	ACU ACC Thr ACA ACG	AAU Asn AAC AAA Lys AAG	AGU Ser AGC AGA AGG Arg	U	C
	G	GUU Val GUC GUA GUG	GCU GCC Ala GCA GCG	GAU Asp GAC GAA Glu GAG	GGU GGC Gly GGA GGG	U	C
		Third nucleotide					

Figura 12. Código genético degenerado: codones con sus correspondientes aminoácidos a los que se traducen. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)

6.1.6. Importancia del concepto de mutación

Una *mutación*, se define según el libro *Principles of Biochemistry*, como un *cambio permanente en la secuencia de nucleótidos del individuo*. Las mutaciones darán lugar a un aumento en la variabilidad genética entre los individuos, pues todos los

individuos no tenemos la misma información genética. Por lo tanto, los cambios que no quedan fijos no son considerados mutaciones, en la mayoría de los casos se origina una reparación del ADN, se corrige el error dando una secuencia no mutada.

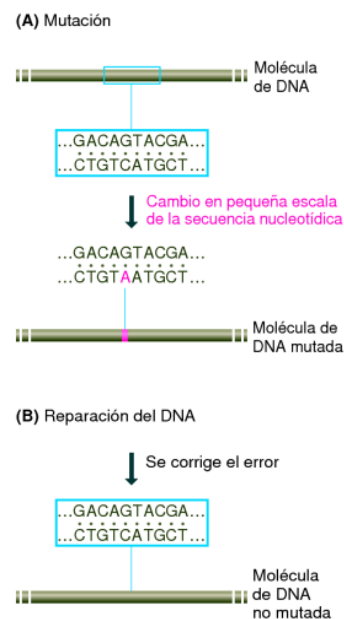


Figura 13. Mutación en el ADN y reparación de la misma. (Brown, T., 2007).

6.1.7. Tipos de mutaciones y repercusiones en la función proteica

Existen diferentes tipos de mutaciones (Brown, T., 2007), que se muestran a continuación:

- a) Mutaciones puntuales: se refiere a cambios permanentes, ya que son mutaciones, que afectan de una a cuatro pares de bases nitrogenadas. Las mutaciones puntuales afectan a un solo gen, en un sitio particular.

Existen dos tipos de mutaciones puntuales:

1. Sustituciones entre bases:
 - a. Transición: una base púrica se cambia por otra base púrica o una pirimidínica por otra pirimidínica. Se trata de la mayoría de las mutaciones puntuales que se originan.
 - b. Transversión: una base púrica se cambia por una pirimidínica o viceversa. Es menos común que se originen, además son más deletéreas (dañinas) para el individuo que las posea.
2. Pequeñas inserciones o deleciones. Inserción o delección significa que, respectivamente, se añaden o se eliminan bases nitrogenadas de la secuencia. Un número de bases que no sean múltiplo de 3, originan un

cambio de fase de lectura en la traducción, es decir, no se van a sintetizar los mismos aminoácidos respecto a la proteína original.

- b) Mutaciones cromosómicas: cambios en la estructura de un cromosoma, afecta a más de un gen.
- c) Mutaciones genómicas: cambios en el número de cromosomas, afecta a más de un gen.

Tanto las mutaciones cromosómicas como las genómicas son muy raras que se den en el caso humano, pues la mayoría son letales. Un ejemplo es la anemia falciforme, originada por un cambio en la estructura de los glóbulos rojos, lo que hace que estos no puedan transportar el oxígeno que deberían, se debe a una mutación en una base concreta (Miller, O. & Therman, E., 2001).

- d) Mutaciones en un solo gen: pequeños cambios en la estructura del ADN. Un ejemplo es el caso del Síndrome de Down: es una mutación genética, de las pocas que se originan y son viables para la vida humana.

Como se ha explicado anteriormente, un proceso de expresión génica normal consta de transcripción y traducción, originando una proteína normal. Pero, cuando se generan las mutaciones, se pueden dar varios casos (resumidos en la *Figura 14*):

1. Cambio de una base por otra, pero que codifique para el mismo aminoácido: se trata de una **mutación silenciosa**. La secuencia cambia, pero el aminoácido que se codifica es el mismo, pues el código genético es degenerado.
2. Cambio de una base por otra que codifique a un aminoácido: por lo general da lugar a una proteína con peor funcionabilidad que la original.
3. Cambio de una base por otra originándose un codón de stop: son letales, la proteína no va a ser funcional. De 64 codones, 3 de ellos son codones stop.

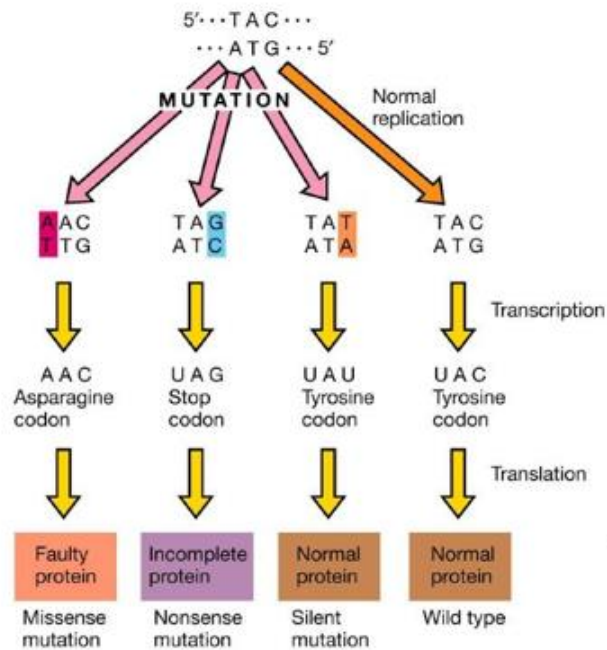


Figura 14. Efectos que pueden originar las mutaciones. (Brown, T., 2007).

Una descripción general de los efectos de las mutaciones sería:

- La mayoría de las mutaciones son deletéreas (dañinas): disminuye la tasa de supervivencia del individuo.
- Existen mutaciones letales: las que matan al organismo o las que no dejan que este se reproduzca. Todas las letales son deletéreas, pero no todas las deletéreas son letales. Por ejemplo, se da cuando una mutación origina un codón stop, dando lugar a una proteína truncada, sin función.
- Mutaciones condicionales: aquellas que solo se expresan en determinadas condiciones ambientales. Por ejemplo: que una mutación solo aparezca a una determinada temperatura.

Para finalizar, cabe resaltar el origen que pueden tener los diferentes tipos de mutaciones que se mencionaban anteriormente:

- Origen de las mutaciones espontáneas (son normales, no podemos evitarlas)
 1. Fallos durante la meiosis.
 2. Errores de la DNA polimerasa durante la replicación del ADN.
 3. Cambios espontáneos en la estructura nucleotídica.

- Origen de las mutaciones inducidas: causadas por mutágenos (agentes químicos o físicos que provienen del exterior celular). Originan cambios en la estructura del ADN.

En el siguiente enlace si encuentra información útil y contrastada sobre el estudio de las mutaciones y los tipos que existen, junto con el origen y los efectos que causan las mismas:

<https://www.nature.com/scitable/topicpage/genetic-mutation-441>

6.2. Fundamentación Teórica Complementaria

Toda la teoría que se muestra a continuación, trata sobre los diferentes tipos de aminoácidos que existen y sus características, y la estructura de las proteínas. Es información complementaria para que el alumno pueda enfrentarse al Caso “La sinfonía del ADN” que se expone en la Unidad Didáctica:

6.2.1. Tipos de Aminoácidos y sus características

Las características que otorga el grupo R a los diferentes aminoácidos esenciales, cabe resaltar que también permite clasificarlos según el grupo R que contengan en: aminoácidos apolares, aminoácidos polares sin carga, polares con carga negativa, polares con carga positiva y aromáticos (*Figura 15*).

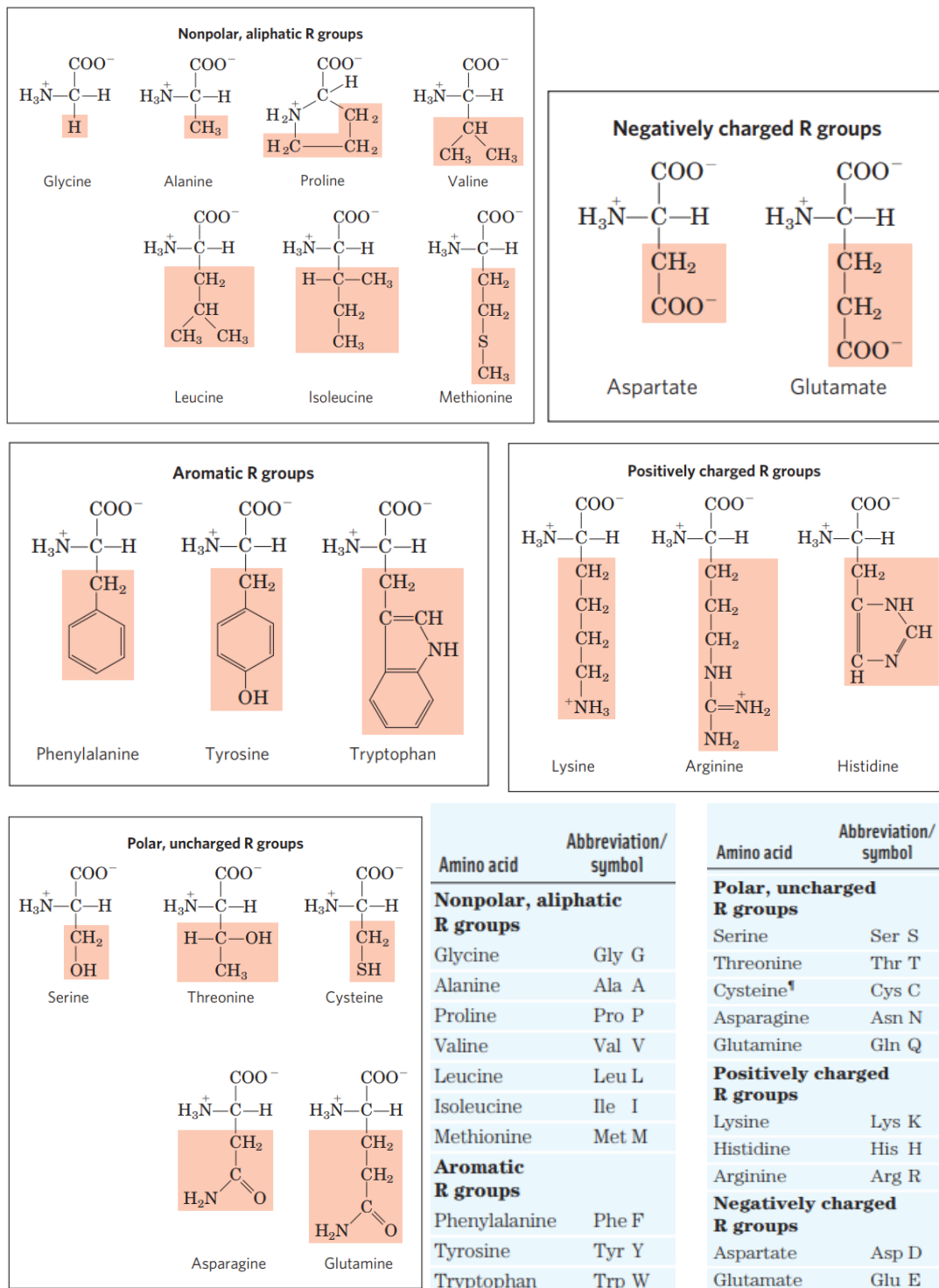


Figura 15. Clasificación y nomenclatura de los 20 aminoácidos esenciales según su grupo R. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).

- Aminoácidos apolares e hidrofóbicos (repelen al agua). Cadenas laterales de **Ala**, **Val**, **Leu** e **Ile** se suelen agrupar en las proteínas para **estabilizar la estructura de esta**. La **glicina** (Gly) es el aminoácido con la cadena lateral más simple pues, como se mencionó anteriormente, tan solo está constituida por un átomo de Hidrógeno. Uno de los grupos azufrados se encuentra en este grupo, la

metionina (Met). La **prolina** (Pro) presenta una función importante en la estructura de las proteínas, pues como presenta un grupo cíclico en su cadena lateral, establece una **conformación rígida**, reduciendo la flexibilidad de las regiones de la proteína en las que se encuentra.

- Aminoácidos aromáticos. Son la **fenilalanina** (Phe), **triptófano** (Trp) y **tirosina** (Tyr). La Tyr y el Trp son más apolares que la Phe.
- Aminoácidos polares sin carga. Sin hidrofílicos (atraen al agua), pues contienen en sus cadenas laterales grupos que dan lugar a enlaces con el agua (enlaces de hidrógeno). Forman parte de este grupo: **asparagina (Asp)**, **glutamina (Gln)**, **treonina (Thr)**, **serina (Ser)** y **cisteína (Cys)**.
- Aminoácidos polares con carga positiva. Son: **lisina** (Lys), **arginina** (Arg) e **histidina** (His). Cada uno posee en su cadena lateral un grupo amino adicional que le otorga la carga positiva.
- Aminoácidos polares con carga negativa. Tan solo forman parte de este grupo dos de los 20 aminoácidos esenciales, y estos son: **glutamato** (Glu) y **aspartato** (Asp). Cada uno posee en su cadena lateral un grupo carboxilo adicional que le otorga la carga negativa.

6.2.2. Visión espacial y funcional de la estructura de las proteínas.

Se van a resaltar dos tipos de **estructuras secundarias** de las proteínas:

- Hélice α . Se caracteriza porque el esqueleto, va a sufrir un enrollamiento hacia la derecha alrededor de un eje imaginario central.

En cuanto a la estabilidad de esta estructura, se debe tener en cuenta la repulsión que pueden sufrir algunos aminoácidos debido a las cargas que estos poseen en sus cadenas laterales. Los residuos con cargas positivas suelen estar 3 o 4 residuos tras los que poseen carga negativa, para evitar las repulsiones. La presencia de prolina en la hélice evita la rotación de la estructura, da rigidez.

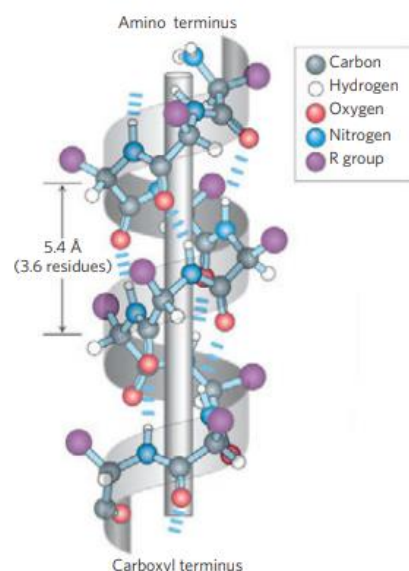


Figura 16. α -hélice. (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)

- Hoja plegada β : estructura secundaria de las proteínas que está formada por dos o más cadenas polipeptídicas extendidas. La disposición de las cadenas laterales de los aminoácidos se sitúan hacia abajo y hacia arriba de dicha estructura.

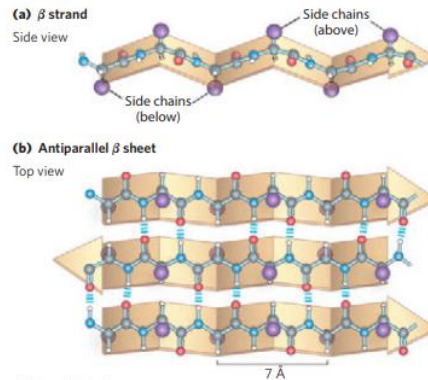


Figura 17. Hoja plegada β . (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013)

Además de estos dos tipos de estructura secundaria también se pueden encontrar otros como el haz de hélices α , el sándwich β - β y el barril α/β .

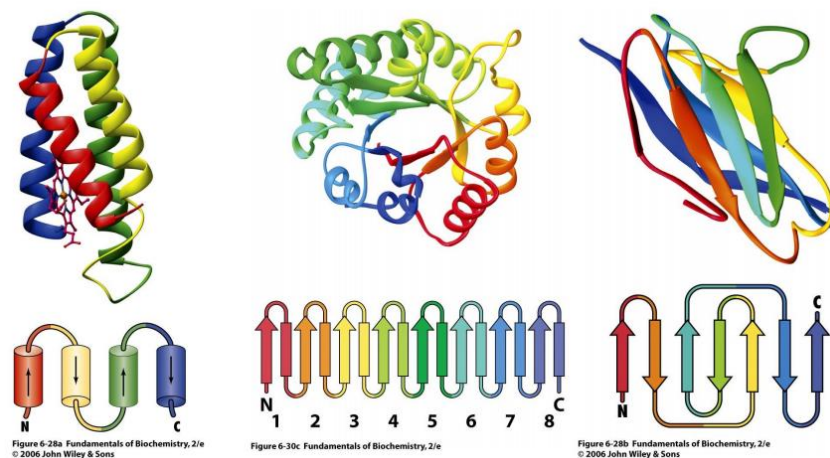
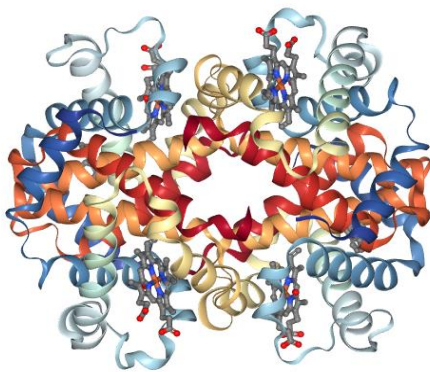


Figura 18. Estructuras secundarias: haz de hélices α , el sándwich β - β y el barril α/β respectivamente. (Protein Data Bank, https://www.rcsb.org/pdb/static.do?p=general_information/about_pdb/index.html)

En cuanto a la **estructura terciaria** de las proteínas hay que destacar que varias de estas estructuras secundarias mencionadas anteriormente se van a agrupar formando unidades globulares que son los denominados dominios que incluso van a llegar a cumplir una función específica en la proteína en la que se encuentren.

Por último hacer mención a la **estructura cuaternaria**, que se trata de la formación de una proteína como resultado de una asociación de dos o más cadenas polipeptídicas. Presenta propiedades nuevas para la proteína que no se encontraban cuando esta presentaba estructuras primaria, secundaria o terciaria, y esto se debe a que en la estructura cuaternaria se establecen nuevas interacciones. Un ejemplo de proteína con estructura cuaternaria es la Hemoglobina, formada por cuatro subunidades con ocho hélices cada una. Tiene cuatro grupos hemo (contiene hierro para transportar oxígeno por la sangre), uno en cada subunidad, se muestra la relación estructura-función (Nelson, D. L., & Cox, M. M., 2013).



*Figura 19. Estructura de la Hemoglobina.
Protein Data Bank: <http://www.rcsb.org/3d-view/2DN1>.*

6.3. Aspectos didácticos del aprendizaje de la Genética

Los puntos que se han expuesto en la introducción, son los que se van a ir trabajando en la Unidad Didáctica (UD) propuesta. A continuación, se muestran cómo se van a trabajar las ideas previas y el caso a trabajar, mediante la metodología Aprendizaje Basado en Casos, en la propuesta didáctica. Aunque, será en la propia UD donde se detallen las sesiones y temporalización en las que se trabaje cada una de ellas.

6.3.1. Ideas previas de ADN y mutación. Análisis bibliográfico.

Como se ha expuesto en la introducción, es de gran importancia que el docente conozca el punto de partida de sus alumnos, es decir, el conocimiento que estos presentan sobre los conceptos de Genética en este caso, antes de comenzar el aprendizaje formal propiamente dicho, en 4º curso de ESO.

Para ello, como la propuesta didáctica que se va a desarrollar es para un supuesto de llevarla a cabo en un centro determinado, no se sabe a ciencia cierta cuáles van a ser las ideas previas concretas que presentarán los alumnos. Debido a esto, se ha realizado

un análisis bibliográfico de diferentes investigaciones y estudios que han desarrollado en estudiantes de 4º ESO, ideas previas sobre los conceptos que interesan trabajar en esta UD. El fin es construir un listado concreto de ideas previas sobre los conceptos básicos de genética, teniéndolo como base para poder solventarlas en el transcurso de la UD.

Los conceptos básicos de Genética que se van a trabajar, así como las ideas previas de los alumnos, se centrarán en: ADN, cromosomas y mutaciones, sobre todo. Puesto que es el eje central en el que va a girar toda la propuesta didáctica a desarrollar. A continuación, se muestra el listado de ideas previas extraídas de diferentes estudios como resultado del análisis bibliográfico realizado.

Ideas previas sobre el ADN y el material genético (Abril, 2010; Armenta, 2008; Banet y Ayuso, 1995; Muela, 2014):

- Las raíces de las plantas no tienen ADN.
- Dificultad en relacionar el material genético con la síntesis de proteínas.
- En la boca es donde hay más ADN.
- Confunden al ADN con los gametos.
- Relacionan el ADN con la sangre (esta idea previa se ha visto repetida en varios estudios, por lo que la prevalencia en el alumnado es bastante alta).
- Definen cromosoma como parte del ADN.
- No identifican y relacionan la función y estructura de los cromosomas.
- No relacionan el ADN con los conceptos de gen o cromosoma.

Ideas previas sobre mutaciones (Abril, 2004; Estébanez, 2014; González, 2017; Ribón, 2019):

- Se aprecian siempre los efectos que causan las mutaciones.
- Las mutaciones son modificaciones externas, anatómicas, que ocurren en los organismos.
- Los microorganismos no experimentan mutaciones.
- Los efectos de las mutaciones son siempre perjudiciales, por originar enfermedades.
- Las mutaciones no son importantes en la variabilidad genética.
- Relación de mutación con cambios en la sangre.
- No relacionan cambios en el ADN con mutación, pues exponen que es un término que afecta solo a la anatomía del organismo que posee la mutación.
- Las mutaciones originan siempre beneficios al individuo que las tiene.

Estos dos listados de ideas previas servirán al docente como guía para saber de antemano las que se puede encontrar en sus alumnos, y a partir de este punto, usando

las ideas previas como inicio, comenzar la enseñanza formal de los conceptos. Es lo que se lleva a cabo en la propuesta didáctica que se expone posteriormente.

6.3.2. Aprendizaje Basado en Casos (ABC)

Tras los resultados tan prósperos y positivos que se ha demostrado siguiendo la metodología del Aprendizaje Basado en Casos, tal como se expone en la introducción, se ha optado por seguir dicha metodología en las sesiones finales de la propuesta didáctica, como actividad final.

Concretamente, el caso se denomina “La sinfonía del ADN”, mediante el cual, los estudiantes llevarán a cabo un aprendizaje interdisciplinar de la asignatura de Biología y Geología con Música. El alumnado realizará un trabajo de investigación, lo que en definitiva es el Aprendizaje Basado en Casos, del denominado Síndrome X frágil, una enfermedad genética que aparece a causa de una mutación, concretamente, una gran inserción de tres nucleótidos en la secuencia de una proteína. A partir de una pregunta vertebradora y de un audio que he grabado con mi violín, a parte de las fuentes de información que se les proporcionarán, los alumnos y alumnas deberán identificar dicha mutación, decir qué tipo de mutación es y qué repercusiones tiene en la estructura función de la proteína que causa la aparición del Síndrome X frágil. Todo ello, lo llevarán a cabo mediante la supervisión del docente, quien les irá explicando los pasos que deben seguir, así como, proporcionándole la información y sitios webs donde poder encontrar la información necesaria para resolver el caso. De este modo, se limita a los estudiantes a acceder a la información concreta que el profesor les proporciona, a desarrollar un aprendizaje autónomo e interdisciplinar, así como trabajar el método científico, llegando finalmente a sus conclusiones y corroboración de su hipótesis.

Se ha diseñado una “Hoja de presentación del caso” presente en el *Anexo IX*, donde también se exponen los objetivos concretos que se quieren lograr mediante la ejecución de dicho caso: conocer, clasificar y saber la estructura de los aminoácidos y nucleótidos; saber el concepto y tipos de mutaciones; relacionar estructura-función proteica; integrar los procesos de transcripción y traducción; relacionar la aparición de mutaciones con variación en las propiedades y características de la secuencia de aminoácidos, y su repercusión en la función que lleven a cabo. Como se muestra, se trata de una actividad final abordada en las últimas sesiones de la UD propuesta, que interconectará todos los conceptos tratados previamente en las sesiones de dicha UD.

No se debe perder de vista que el caso es de actualidad, pues se trata de una enfermedad que hoy día se da en la sociedad, además de ser un incentivo a los alumnos para aumentar su interés y motivación hacia el caso en particular, y a la asignatura en general.

7. Propuesta Didáctica

En la Propuesta Didáctica que a continuación se va a exponer, se desarrolla una Unidad Didáctica (UD) titulada “ADN, mutaciones y proteínas: interconexión en la Genética de 4º de ESO mediante metodología *online*”. Aunque podría aplicarse a 4º de ESO, 1º de bachillerato o 2º de Bachillerato, en la asignatura de Biología y Geología, o Biología respectivamente, la UD diseñada está dirigida a los alumnos de 4ºESO del centro San Vicente de Paúl, que posteriormente se expone. Concretamente, la UD se engloba según el *Real Decreto 1106/2014, de 26 de diciembre*, en el Bloque 1 titulado: *La evolución de la vida*. Además, con el desarrollo del caso “La sinfonía del ADN”, se va a trabajar la enfermedad hereditaria llamada *Síndrome X frágil*, entre otras enfermedades genéticas, pudiendo servir de conexión para la posterior UD donde se trabaje la herencia.

En esta UD desarrollada, se pretende plasmar la importancia del conocimiento de los conceptos básicos de genética en los alumnos, mediante una modalidad *online*. Hoy día, y más aun con la pandemia mundial que estamos viviendo originada por el coronavirus, SARS-CoV2, la ciencia tiene una repercusión abismal en la sociedad, es por ello que los alumnos deben ir familiarizándose con conceptos científicos desde edades tempranas, así como asimilar la importancia que tiene la Genética, y la ciencia en la sociedad. Por todo ello, debemos asegurarnos que los conocimientos que los estudiantes adquieran sean los correctos, y al mismo tiempo, incentivar una motivación intrínseca hacia la ciencia, ámbito muy olvidado en nuestro país.

7.1. Legislación aplicada

La legislación que se ha aplicado a la hora de desarrollar la Unidad Didáctica:

A nivel estatal, la legislación pertinente sería, la *Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*, denominada LOE. Esta fue modificada por la *Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, de Educación*, es la LOMCE. Además del *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre*, donde se procede a regular el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. Por último, destacar a nivel nacional, la *Orden ECD/65/2015, de 21 de enero*, por la que se describen las relaciones entre las competencias clave, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, secundaria obligatoria y bachillerato.

Por otro lado, la legislación que se va a seguir a nivel autonómico, referente a la Comunidad Autónoma de Andalucía, es en primer lugar la *Ley 17/2007, de 10 de diciembre, de Educación de Andalucía (LEA)*. También destacar el *Decreto 111/2016, de 14 de junio*, que establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Finalmente, destacar la *Orden de*

14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía.

Debido al cambio de modalidad de la enseñanza tradicional presencial, a la virtual, se ha ido elaborando una nueva legislación que regule la enseñanza siguiendo este tipo de modalidad. En primer lugar destacar la *Orden de 13 de marzo de 2020, por la que se adoptan medidas preventivas de salud pública en la Comunidad de Andalucía como consecuencia de la situación y evolución del coronavirus (COVID-19)*. Además, la *Orden de 14 de mayo de 2020, por la que se establecen los calendarios de actuaciones de determinados procedimientos administrativos del ámbito educativo, afectados por la situación de crisis sanitaria provocada por el coronavirus covid-19*.

7.2. Contextualización

La presente UD que se desarrolla, va dirigida al curso de 4º ESO de la asignatura optativa y troncal de Biología y Geología. Está enmarcada, según la normativa estatal del *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre* y el *Decreto 111/2016, de 14 de junio* de la legislación autonómica de Andalucía, en el *Bloque I* titulado *La evolución de la vida*. Cabe destacar que, para llevar a cabo esta Propuesta Didáctica, se ha tenido en cuenta la *Orden ECD/65/2015, de 21 de enero*, por la que se describen las relaciones entre las competencias clave, los contenidos y los criterios de evaluación, del currículo de primaria, secundaria obligatoria y bachillerato. Esta legislación, junto con la expuesta en el apartado anterior, ha sentado las bases para poder interrelacionar los contenidos, criterios de evaluación y competencias clave que se van a suplir en esta UD bajo las condiciones de la Pandemia actual.

7.2.1. Caracterización del centro

El centro donde se va a llevar a cabo la propuesta didáctica diseñada es el Colegio San Vicente de Paúl, propiedad actualmente de la Compañía de las Hijas de la Caridad y datado de 1885, cuyo nombre por aquel entonces era el de “Amiga de Piedra”, apelativo con el que aún hoy es reconocido en Jaén.

Este Colegio se sitúa en el barrio de la Magdalena, también conocido como “Barrio de La Malena”, situado en la zona oeste de la ciudad de Jaén. La construcción de ladrillos permite su perfecta integración del edificio en el entorno donde se localiza, donde la arquitectura árabe realza su importancia histórica. Se trata del barrio más antiguo de Jaén, en pleno casco histórico, donde entre sus calles serpenteantes y escalonadas, se localizan los monumentos más representativos y visitados de la ciudad, como son el Convento de Santo Domingo, la iglesia de San Andrés, el Palacio de Villadompardo junto a los Baños Árabes, el Archivo Histórico Provincial o la Iglesia de

San Juan. Cabe destacar la Iglesia de la Magdalena, con la que el Colegio mantiene una estrecha relación, ya que es el lugar donde realizan muchas de sus celebraciones.

Respecto al nivel socio-económico y desarrollo del barrio, en su mayoría, se compone por casas unifamiliares. Un gran porcentaje de los alumnos que actualmente se encuentran cursando en el centro alguna etapa de la enseñanza obligatoria, provienen de familias de nivel socio-económico medio-bajo, siendo algunas de ellas desestructuradas. En el barrio, al igual que en el centro, existe un ambiente multicultural, provenientes de familias humildes, con bajo nivel de estudios.

El Colegio San Vicente de Paúl presenta un concierto pleno con la Administración, que se completó con la Etapa de Infantil en el curso académico 2004/2005. Es un centro de una sola línea, que abarca las etapas de Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Secundaria Obligatoria. A lo largo de toda su historia, el centro ha ido sufriendo muchas ampliaciones, siendo la más actual la de 2010, gracias a la que se construyó un pabellón para poder albergar aulas, despachos y la sala de profesores. Asimismo, disponen de dos aulas de Apoyo a la Integración y un Aula de Audición y Lenguaje para atender a los estudiantes con Necesidades Educativas Especiales (NEE).

Además del horario lectivo, antes del Estado de Alarma del pasado 14 de marzo de 2020, el centro contaba con horarios de tarde para llevar a cabo actividades extraescolares, entre las que ofertaba inglés, baile, fútbol, refuerzo educativo y robótica. Siendo las clases de inglés, impartidas por profesores de Cambridge English Language Assessment con la que existe un convenio.

7.2.2. Caracterización del alumnado

El grupo con el que he estado más en contacto es con el de 4º de E.S.O. Dicho grupo de alumnos está compuesto por 11 chicos y 11 chicas, cuyas edades rondan entre los 15 y 18 años, pues entre ellos, se encuentran dos repetidores de cursos anteriores.

Hay un chico de 18 años que presenta una Adaptación Curricular Significativa (ACS), pues su coeficiente intelectual es de un alumno de 6 ó 7 años. Este chico presenta un tutor en el centro que se encarga de todo su proceso enseñanza-aprendizaje, y ahora también con la situación del Estado de Alarma.

La mayoría de los estudiantes de este grupo son de origen y habla castellano, excepto uno de ellos. Hay un chico hindú que lleva con el grupo desde la Etapa de Primaria, que destaca su tutora que es un excelente alumno y no tiene ningún problema con el idioma.

En su mayoría, en cuanto a los recursos digitales que poseen estos alumnos para poder desarrollar su proceso enseñanza-aprendizaje en este estado de confinamiento,

todos poseen medios suficientes para poder abordar su aprendizaje, exceptuando dos casos. El chico con la ACS, no dispone de muchos recursos digitales, así que se le proporcionó todo el material antes del confinamiento y su tutor está en contacto con la familia vía telefónica y vía WhatsApp, indicándole cada semana lo que debe hacer. Por otro lado, el chico hindú tenía un ordenador muy antiguo que, durante las videoconferencias y para acceder a la plataforma *Google Drive*, le daba muchos problemas, es por ello que el centro le facilitó una *tablet* gracias a la ayuda del Ayuntamiento de Jaén.

7.3. Objetivos

7.3.1. Objetivos generales de etapa (ESO)

El *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre (Sec. I págs. 176-177)*, establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Concretamente, en el Capítulo II del Artículo 11 se expone la regulación y organización de los objetivos generales de la etapa de Educación Secundaria Obligatoria. Siguiendo este Real Decreto, los alumnos serán capaces de:

a) Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos y la igualdad de trato y de oportunidades entre mujeres y hombres, como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.

b) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.

c) Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar la discriminación de las personas por razón de sexo o por cualquier otra condición o circunstancia personal o social. Rechazar los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres, así como cualquier manifestación de violencia contra la mujer.

d) Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás, así como rechazar la violencia, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y resolver pacíficamente los conflictos.

e) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.

f) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.

g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.

h) Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana y, si la hubiere, en la lengua cooficial de la Comunidad Autónoma, textos y mensajes complejos, e iniciarse en el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura.

i) Comprender y expresarse en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada.

j) Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.

k) Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los otros, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora.

l) Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.

El Decreto 111/2016, de 14 de junio, (Capítulo I Artículo 3) determina la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, y añade dos objetivos de etapa adicionales a los del Real Decreto anterior:

a) Conocer y apreciar las peculiaridades de la modalidad lingüística andaluza en todas sus variedades.

b) Conocer y apreciar los elementos específicos de la historia y la cultura andaluza, así como su medio físico y natural y otros hechos diferenciadores de nuestra Comunidad, para que sea valorada y respetada como patrimonio propio y en el marco de la cultura española y universal.

7.3.2. Objetivos generales de la materia de Biología y Geología

La Orden de 14 de julio de 2016 (pág. 133), desarrolla los objetivos generales para el alumnado de la materia de Biología y Geología en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, y son los siguientes:

1. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de la Biología y Geología para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollos científicos y sus aplicaciones.

2. Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias, tales como la discusión del interés de los problemas planteados, la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales, el análisis de resultados, la consideración de aplicaciones y repercusiones del estudio realizado y la búsqueda de coherencia global.

3. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otras personas argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.

4. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos.

5. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas.

6. Desarrollar actitudes y hábitos favorables a la promoción de la salud personal y comunitaria, facilitando estrategias que permitan hacer frente a los riesgos de la sociedad actual en aspectos relacionados con la alimentación, el consumo, las drogodependencias y la sexualidad.

7. Comprender la importancia de utilizar los conocimientos de la Biología y Geología para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos.

8. Conocer y valorar las interacciones de la ciencia con la sociedad y el medio ambiente, con atención particular a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y la necesidad de búsqueda y aplicación de soluciones, sujetas al principio de precaución, para avanzar hacia un futuro sostenible.

9. Reconocer el carácter tentativo y creativo de las ciencias de la naturaleza, así como sus aportaciones al pensamiento humano a lo largo de la historia, apreciando los grandes debates superadores de dogmatismos y las revoluciones científicas que han marcado la evolución cultural de la humanidad y sus condiciones de vida.

10. Conocer y apreciar los elementos específicos del patrimonio natural de Andalucía para que sea valorado y respetado como patrimonio propio y a escala española y universal.

11. Conocer los principales centros de investigación de Andalucía y sus áreas de desarrollo que permitan valorar la importancia de la investigación para la humanidad desde un punto de vista respetuoso y sostenible.

7.3.3. Objetivos específicos de la Unidad Didáctica

Con la Propuesta Didáctica que se va a trabajar en este Trabajo Fin de Máster, se quieren lograr, en el alumnado, los Objetivos de UD (OUD) que a continuación se muestran, sin priorizar unos frente a otros:

- OUD1. Comparar los dos tipos y la composición de los ácidos nucleicos.
- OUD2. Relacionar los tipos de ácidos nucleicos con su función.
- OUD3. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.
- OUD4. Relacionar la función del ADN con el concepto de gen.
- OUD5. Comprender cómo se expresa la información genética utilizando el código genético.
- OUD6. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética.
- OUD7. Comprender la relación entre mutación y evolución.
- OUD8. Conocer algunas enfermedades hereditarias, su prevención y el alcance social.

Asimismo, como se va a llevar a cabo el Aprendizaje Basado en Casos, se van a abordar dos objetivos que corresponden al Bloque llamado *Proyecto de investigación*, por el *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre*:

- OUD9. *Elaborar hipótesis, y contrastarlas a través de la experimentación o la observación y argumentación.*
- OUD10. *Discriminar y decidir sobre las fuentes de información y los métodos empleados para su obtención.*

Además, para abordar esta UD, es necesario conseguir que los alumnos, alcancen los objetivos de ampliación de la UD (OAUD), que se muestran a continuación:

- OAUD1. Definir qué es una proteína y un aminoácido.
- OAUD2. Reconocer las diferentes estructuras proteicas.
- OAUD3. Relacionar la estructura con la función de las proteínas.

7.4. Competencias clave

La Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, (pág. 132), expone las competencias clave definidas a su vez por la Unión Europea como *aquellas que todas la personas precisan para su realización y desarrollo personal, así como para la ciudadanía activa, la inclusión social y el empleo*. Tal y como están presentes en este Real Decreto y en el siguiente orden, son:

- a) Comunicación lingüística (CL).
- b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT).
- c) Competencia digital (CD).
- d) Aprender a aprender (CAA).
- e) Competencias sociales y cívicas (CSC).
- f) Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIEP).
- g) Conciencia y expresiones culturales (CEC).

A continuación, se muestra una tabla con las competencias que se van a tratar en la Unidad Didáctica, así como la metodología que se va a seguir para trabajarlas:

Tabla 1. Relación competencias clave – metodología abarcada en la UD propuesta.

Competencia a trabajar en la UD	Metodología
Comunicación lingüística (CL)	Se abarcará durante toda la UD, mediante la comprensión de los textos y vídeos científico-teóricos que se les proporcionarán a los estudiantes, así como con la ejecución de vídeos explicativos que desarrollarán los propios alumnos
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)	Se fomentará con las tareas propuestas, en las que los estudiantes deberán aplicar el método científico, interpretar datos, gráficos, definir conclusiones, etc.
Competencia digital (CD)	Esta competencia se trabaja en todas las sesiones de la UD, pues se sigue una modalidad <i>online</i> . Deben realizar un vídeo, acceder a la plataforma virtual concreta así como al contenido que se les proporcionará, <i>links</i> , etc. para poder realizar la UD en su totalidad.
Aprender a aprender (CAA)	Se trabaja mediante la metodología Aprendizaje Basado en Casos (ABC), donde el alumno debe resolver el caso que se le expone, estimulando la curiosidad y motivación en ellos.

Competencias sociales y cívicas (CSC)	Mediante las puestas en común que se realizan en varias sesiones con videollamadas grupales, donde se tratarán las repercusiones de las mutaciones en la sociedad, así como preguntas introductorias, reflexiones y el seguimiento del caso.
Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIEP)	Siguiendo la metodología de Aprendizaje Basado en Casos (ABC), el alumno deberá tomar decisiones a partir de la información que se les proporcione para resolver el caso. Además, esta competencia se trabajará mediante la ejecución de las prácticas caseras “Desnaturalizando proteínas” y “Extracción de ADN del plátano”.

7.5. Contenidos

Como se ha comentado anteriormente, la UD se engloba según el *Real Decreto 1106/2014, de 26 de diciembre*, en el Bloque 1 titulado: *La evolución de la vida*, en el que, de los 18 contenidos que trata, en la UD propuesta se trabajarán los siguientes: *los ácidos nucleicos, ADN y genética molecular, proceso de replicación del ADN, concepto de gen, expresión de la información genética, código genético, mutaciones* y, por último, *enfermedades hereditarias, prevención y alcance social*. Para poder abordar el caso que se propone mediante la metodología ABC, en esta UD también se van a tratar unas breves pinceladas sobre el estudio de *las proteínas y su estructura*, como contenidos extracurriculares, para fomentar en los alumnos un conocimiento más amplio de este campo.

Las enfermedades hereditarias, y más concretamente, el “Síndrome X frágil” que se va a trabajar mediante la metodología ABC, van a ser el punto de interconexión entre las mutaciones, y dos de las biomoléculas imprescindibles de nuestro organismo: los ácidos nucleicos y las proteínas. De este modo, se da a conocer a los alumnos, una visión en la que se interconectan los contenidos que aparentemente, no tienen relación, al abordarse de manera independiente en el currículo.

Cabe destacar que, en el Artículo 6 del *Decreto 111/2016, de 14 de junio*, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se exponen los contenidos transversales curriculares que se trabajan en esta enseñanza obligatoria.

Los contenidos de la materia, se han relacionado a continuación en la *Tabla 2* junto con los Objetivos Específicos (OUD) y de ampliación de la UD (OAUD), así como las competencias clave que se trabajan en ella. Igualmente, en esta misma tabla se exponen los contenidos transversales que se van a trabajar en la UD, extraídos de la legislación mencionada anteriormente.

Asimismo, se ha planteado la relación de estos, junto con los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables expuestos también en el *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre* (Tabla 3).

Tabla 2. Relación de los contenidos de la materia trabajados en la UD con los objetivos específicos y competencias clave trabajados en la misma. Además también se muestran los contenidos transversales tratados en esta UD.

Contenido		Objetivos específicos de la UD (OUD)	Competencia clave
CONTENIDOS DE LA MATERIA <i>(Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre)</i>	Las proteínas y su estructura	OAUD1, OAUD2, OAUD3	CL, CMCT, CD, CSC, SIEP
	Los ácidos nucleicos	OUD1, OUD2	CL, CD, CSC
	ADN y genética molecular	OUD3	CL, CMCT, CD, SIEP
	Proceso de replicación del ADN	OUD3	CL, CMCT, CD
	Concepto de gen	OUD4	CL, CD
	Expresión de la información genética	OUD5	CL, CMCT, CD, CSC
	Código genético	OUD5	CL, CMCT, CD, CSC
	Mutaciones	OUD6, OUD7	CL, CMCT, CD, CSC
	Enfermedades hereditarias, prevención y alcance social.	OUD8, OUD9, OUD10	CL, CMCT, CD, CAA, CSC, SIEP

CONTENIDOS TRANSVERSALES (Orden de 26 de julio de 2016)	<i>El fomento de los valores inherentes y las conductas adecuadas a los principios de igualdad de oportunidades, accesibilidad universal y no discriminación, así como la prevención de la violencia contra las personas con discapacidad.</i>
	<i>El desarrollo de las habilidades básicas para la comunicación interpersonal, la capacidad de escucha activa, la empatía, la racionalidad y el acuerdo a través del diálogo</i>
	<i>La utilización crítica y el autocontrol en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación y los medios audiovisuales, la prevención de las situaciones de riesgo derivadas de su utilización inadecuada, su aportación a la enseñanza, al aprendizaje y al trabajo del alumnado, y los procesos de transformación de la información en conocimiento</i>
	<i>La toma de conciencia sobre temas y problemas que afectan a todas las personas en un mundo globalizado, entre los que se considerarán la salud, la pobreza en el mundo, la emigración y la desigualdad entre las personas, pueblos y naciones, así como los principios básicos que rigen el funcionamiento del medio físico y natural y las repercusiones que sobre el mismo tienen las actividades humanas, el agotamiento de los recursos naturales, la superpoblación, la contaminación o el calentamiento de la Tierra, todo ello, con objeto de fomentar la contribución activa en la defensa, conservación y mejora de nuestro entorno como elemento determinante de la calidad de vida.</i>

7.6. Metodología

7.6.1. Principios metodológicos

Como se ha expuesto en la fundamentación epistemológica, la UD que se va a desarrollar a continuación, trabaja una metodología que ha demostrado promover en el alumnado una alta tasa de motivación y rendimiento, partiendo de las ideas previas de los alumnos y trabajando como base el aprendizaje significativo, siguiendo a su vez una metodología *online* debido a las causas de la pandemia que estamos viviendo actualmente.

7.6.2. Métodos, estrategias, recursos y técnicas didácticas

El docente llevará a cabo un estudio de las ideas previas de sus alumnos, reconocidas mediante la realización de un test de ideas previas (*Anexo 1*), que él mismo les proporcionará a los estudiantes la semana anterior al comienzo de la UD. Posteriormente, el docente podrá adaptar las sesiones en función de las ideas de sus alumnos. Se desarrollarán, videos explicativos basados en diapositivas e intervenciones en directo del profesor, junto con actividades en las que se trabajarán los objetivos y contenidos expuestos en la *Tabla 2*. Además, se desarrollarán dos prácticas tituladas: “Desnaturalizando proteínas” (*Anexo 2 y 3*) y “Extracción de ADN de plátano” (*Anexo 5*) que el docente realizará en su domicilio, sirviendo de referencia para que los alumnos la lleven a cabo en sus hogares. Dichos vídeos y actividades, se darán a conocer a los estudiantes mediante las videoconferencias semanales según el horario de clase (3 sesiones a la semana de 60 minutos cada una, según el *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre*).

La planificación de las actividades, están acordes para fomentar en los alumnos un aprendizaje significativo, desarrollando en primer lugar actividades de los contenidos más sencillos, hasta abordar los más complejos. Concretamente, se estudiarán las dos biomoléculas por separado (proteínas y ácidos nucleicos), posteriormente las mutaciones, para finalizar con el estudio del caso “La sinfonía del ADN”, que interrelaciona todos los objetivos y contenidos de la UD, así como desarrolla los suyos propios. Todas las actividades se muestran en el *Anexo*, así como en el siguiente apartado “Secuenciación y descripción de las actividades a realizar”.

Para finalizar la UD, se ha diseñado un caso siguiendo la metodología ABC, como se ha explicado anteriormente en la fundamentación epistemológica. Este caso, titulado “La sinfonía del ADN”, sirve para establecer interconexiones entre todos los objetivos y contenidos de la UD, así como desarrollar sus objetivos y contenidos propios. Pues como actividad final, ayudará a que los alumnos alcancen los todos objetivos didácticos y de ampliación propuestos.

Cabe destacar que, el autor de este TFM, ha elaborado vídeos que recogen la explicación de cada una de las sesiones de esta UD. Dichos vídeos, se encuentran vinculados a los enlaces presentes en los pie de tablas del apartado “secuenciación y descripción de las actividades a realizar” así como en la *Tabla 18* del *Anexo XVI*. En ellos, se dan a conocer a modo de ejemplo, las explicaciones teóricas y prácticas desarrolladas, así como las actividades a realizar y los recursos que el docente ha de usar.

7.7. Temporalización.

La UD abordará 7 sesiones, en las que se trabajarán los contenidos que posteriormente se detallan. En cada una de estas sesiones, el docente dará a conocer los contenidos en las 7 videoconferencias que lleven a cabo, una por sesión, donde compartirá su pantalla para explicar a los alumnos los contenidos, actividades, etc., desarrolladas a modo creciente respecto a su complejidad. Además, detallará los recursos y tareas que deben realizar. El docente dispondrá de recursos digitales: diapositivas realizadas por él mismo apoyándose en referencias científicas, páginas webs analizadas, vídeos interactivos (realizados por el propio docente o por otros autores), entre otros.

6.7.1. Secuenciación y descripción de las actividades

En este apartado, se van a exponer las tablas correspondientes a cada una de las sesiones desarrolladas, relacionadas con los contenidos, objetivos, competencias clave, actividades a desarrollar, los recursos utilizados y la temporalización.

Cabe destacar que, la sesión 7 presenta una menor temporalización, y las actividades que en ella se abordan no ocupan el límite de 55 minutos de tiempo, con el fin de flexibilizar la planificación de las sesiones, en vista a las limitaciones que pueden ocurrir y que se han intentado plasmar en el apartado “limitaciones de la Propuesta Didáctica”.

Durante el transcurso de las videoconferencias, los alumnos podrán interrumpir al profesor y preguntar las dudas que les vayan surgiendo durante la explicación. Además, si tienen algún problema en visualizar las diapositivas o escuchar al profesor, estos deben comunicarlo.

SESIÓN 1. CONOCIENDO A LAS PROTEÍNAS			
Contenidos: Proteínas, aminoácidos, estructura-función proteica.			
Objetivos: OAUD1, OAUD2, OAUD3		Competencias clave: CL, CMCT, CD, SIEP	
Actividad	Descripción de la actividad	Recursos utilizados	Temporalización
1.1 Puesta en común de las ideas previas de los estudiantes.	Para poder desarrollar esta actividad, antes de comenzar la UD, la semana anterior el profesor ha debido de enviar por la plataforma <i>Moodle</i> a sus estudiantes el <i>Test de Ideas previas</i> presente en el <i>Anexo I</i> . El profesor en la videollamada grupal, expone las ideas previas de sus estudiantes en una diapositiva. Entre todos, llegan a la conclusión de cuáles de ellas son erróneas y cuáles correctas.	- Videoconferencia - Power Point - Plataforma <i>Moodle</i>	10 minutos
1.2 Videoconferencia Conociendo a las proteínas.	El docente en la videoconferencia, comparte su pantalla y explica el contenido de la sesión. Los alumnos podrán interrumpirle y preguntar las dudas que les vayan surgiendo durante la explicación. Además, si tienen algún problema en visualizar las diapositivas o escuchar al profesor, estos deben comunicarlo. Se muestra a modo de ejemplo la sesión 1 (Nota al pie de tabla).	- Videoconferencia. - Power Point - Plataforma <i>Moodle</i>	20 minutos
1.3 Práctica en casa: "Desnaturalizando proteínas".	Mediante la videoconferencia, el profesor llevará a cabo una práctica casera que cada alumno deberá realizar en su domicilio. El docente enviará a los alumnos, antes de comenzar esta sesión, mediante la plataforma <i>Moodle</i> , el protocolo necesario para la práctica (<i>Anexo II</i>). En ella, se van a desnaturalizar proteínas de la clara del huevo y de la leche con diferentes agentes desnaturalizantes. Cuando finalice la práctica, los alumnos deberán realizarla y mandarle el vídeo al profesor junto con los informes de las prácticas (<i>Anexo III</i>), apoyándose en los artículos científicos que el profesor expone mediante links en este mismo anexo. Tendrán de fecha límite de entrega una semana. Además, el profesor grabará la ejecución de la práctica, para que sus alumnos puedan verlo cuantas veces necesiten, haciéndole llegar el vídeo usando la plataforma <i>Moodle</i> .	- Videoconferencia. - Power Point. - Plataforma <i>Moodle</i> - Artículos científicos - Vídeo de la práctica - Informe (<i>Anexo III</i>)	25 minutos
NOTA. Esta sesión se puede encontrar grabada, a modo de ejemplo, haciendo clic aquí o en el siguiente enlace: https://drive.google.com/file/d/1ZKObXDDkUX-tuG5nSnuQGwTKQCMQ2m2U/view?usp=sharing El tiempo de la grabación, no corresponde realmente al tiempo invertido en la videoconferencia, pues el profesor hará preguntas a sus alumnos y viceversa.			

SESIÓN 2. ¿Conoces al ADN?			
Contenidos: ADN, gen, ARN. Estructura y composición del ADN.			
Objetivos: OUD1, OUD2, OUD4		Competencias clave: CL, CMCT, CD,CSC, SIEP	
Actividad	Descripción de la actividad	Recursos utilizados	Temporalización
2.1 Preguntas introductorias	Al comienzo de la sesión, el profesor, efectuará tres preguntas a los alumnos: qué es el ADN, que son los cromosomas y qué es un gen, siendo el profesor el mediador, dando el turno de palabra a sus alumnos. Tras la puesta en común, comenzará la segunda actividad.	- Videoconferencia - Power Point - Plataforma Moodle	10 minutos
2.2 Videoconferencia. ¿Conoces al ADN?	El profesor comenzará la explicación de los ácidos nucleicos, su estructura y función. Finalizará con la explicación del concepto del gen y un repaso de la sesión. Durante esta videoconferencia, el docente usará como base tres videos para afianzar los conceptos, tal y como se muestra en el video ejemplo de esta sesión (Nota a pie de tabla). Los alumnos podrán interrumpir al profesor y preguntar las dudas que les vayan surgiendo durante la explicación. Además, si tienen algún problema en visualizar las diapositivas o escuchar al profesor, estos deben comunicarlo.	- Videoconferencia - Power Point - Plataforma Moodle - Videos explicativos	30 minutos
2.3 Actividades de consolidación.	Al finalizar la videoconferencia, el profesor subirá a la plataforma Moodle, justo antes del comienzo de esta sesión, las actividades que deben realizar los alumnos (Anexo IV). Estos tendrán un tiempo de 15 minutos para hacerla en su ordenador y enviarla al profesor, también mediante esta misma plataforma. Los estudiantes también podrán hacer las actividades en su cuaderno y enviarle fotografía de las mismas al profesor mediante la plataforma Moodle.	- Actividades interactivas de consolidación de conceptos. (Anexo IV)	15 minutos
NOTA. Esta sesión se puede encontrar grabada, a modo de ejemplo, haciendo clic aquí o en el siguiente enlace: https://drive.google.com/file/d/1heBspXBVS2fToYoX_WRDkgGIW5h1qRsi/view?usp=sharing El tiempo de la grabación, no corresponde realmente al tiempo invertido en la videoconferencia, pues el profesor hará preguntas a sus alumnos y viceversa.			

SESIÓN 3. ¿El ADN se puede tocar?			
Contenidos: práctica sobre extracción de ADN. Replicación del ADN.			
Objetivos: OUD1, OUD2, OUD3		Competencias clave: CL, CMCT, CD	
Actividad	Descripción de la actividad	Recursos utilizados	Temporalización
3.1 Preguntas de introducción	La sesión comenzará con preguntas introductorias, que tienen como origen el nombre de esta sesión: ¿El ADN se puede tocar? Estas preguntas son: ¿cómo piensas que puedes ver y tocar el ADN?, ¿el ADN se “duplica” al igual que una célula?. El profesor dará el turno de palabra a los alumnos, llegando en conjunto a las respuestas.	- Videoconferencia - Power Point	10 minutos
3.2 Práctica “Extracción de ADN de plátano”	El profesor llevará a cabo una práctica en su domicilio que trata sobre la extracción de ADN de un trozo de plátano. El protocolo de dicha práctica se encuentra en el <i>Anexo V</i> . Al mismo tiempo que el profesor va realizando la práctica, los alumnos van preguntando sus dudas. En el tiempo de incubación, se pueden ir respondiendo a las preguntas del informe (<i>Anexo VI</i>). Los alumnos deberán realizar la práctica en sus casas y realizar dicha informe. Tendrán como fecha límite, una semana desde la finalización de esta sesión. Tanto el protocolo como el informe (<i>Anexos V y VI</i>), se les hace llegar a los alumnos mediante vía <i>Moodle</i> . El profesor se grabará a sí mismo para que los alumnos puedan visualizar la práctica tantas veces como lo necesiten.	- Videoconferencia. - Plataforma <i>Moodle</i> - Artículos científicos - Vídeo de la práctica - Informe (<i>Anexo VI</i>)	30 minutos
3.3 Replicación del ADN	Consta de una clase expositiva hacia los alumnos donde se explica mediante videoconferencia, el proceso de replicación del ADN. Finalmente, realizarán la actividad del <i>Anexo VII</i> , teniendo como fecha límite de entrega vía <i>Moodle</i> hasta la próxima sesión de la asignatura.	- Videoconferencia. - Plataforma <i>Moodle</i> - Power Point	15 minutos
NOTA. Esta sesión se puede encontrar grabada, a modo de ejemplo, haciendo clic aquí o en el siguiente enlace: https://drive.google.com/file/d/1DXSTrCv1Y1Y8TbMHC9Yr3t_COApNf0q4/view?usp=sharing El tiempo de la grabación, no corresponde realmente al tiempo invertido en la videoconferencia, pues el profesor hará preguntas a sus alumnos y estos al profesor.			

SESIÓN 4. De ADN a proteínas			
Contenidos: transcripción, traducción y código genético.			
Objetivos: OUD5		Competencias clave: CL, CMCT, CD, CSC	
Actividad	Descripción de la actividad	Recursos utilizados	Temporalización
4.1 <i>Kahoot</i> repaso	Se presenta un <i>Kahoot</i> por parte del profesor, compuesto por 10 preguntas con 4 respuestas en las que solamente una es correcta. Se repasarán todos los contenidos de las 3 sesiones anteriores. Tienen un tiempo limitado para responder a cada una de ellas. Se hará mediante videoconferencia para que los alumnos vean las preguntas desde la pantalla del profesor, y estos accedan al <i>Kahoot</i> mediante sus teléfonos móviles (en la sesión previa, el profesor habrá informado sobre el uso de móviles en esta sesión). Las preguntas se irán corrigiendo y explicando conforme se vayan haciendo.	- Videoconferencia - Aplicación <i>Kahoot</i>. Para acceder al <i>Kahoot</i> pinche aquí o diríjase a la NOTA 1 (pie de tabla). - Móviles o <i>tablets</i>	20 minutos
4.2 De ADN a proteínas	Videoconferencia, que llevará a cabo el profesor donde explicará los procesos de transcripción y traducción, junto con el código genético. Para ello elaborará una presentación Power Point con explicaciones y un ejercicio didáctico para el alumnado, se hará una puesta en común de la respuesta al mismo. Se muestra en el vídeo de la sesión, cuyo enlace se encuentra en la NOTA 2 a pie de tabla.	- Videoconferencia - Actividades didácticas. - Power Point	25 minutos
4.3 <i>Edpuzzle</i>	Se trata de un vídeo de consolidación de los conceptos de transcripción, traducción y código genético, que el profesor ha llevado a cabo. En él, se entremezclan explicaciones con preguntas. Los alumnos deberán responder a las preguntas correctamente para continuar con la explicación.	- Aplicación <i>Edpuzzle</i>, para acceder al vídeo elaborado pinche aquí o diríjase a la NOTA 3 (pie de tabla).	10 minutos
NOTA 1. Para acceder al <i>Kahoot</i> haga clic en https://create.kahoot.it/share/kahoot-repaso-sesiones-1-3/21e389ad-994b-4b75-8cf8-8be8cabda1a4 NOTA 2. Esta sesión se puede encontrar grabada, a modo de ejemplo, haciendo clic aquí o en el siguiente enlace: https://drive.google.com/file/d/1fi97IfIG_4cmB6edELzqrq8B_WVDm8NQ/view?usp=sharing El tiempo de la grabación, no corresponde realmente al tiempo invertido en la videoconferencia, pues el profesor hará preguntas a sus alumnos y estos al profesor. NOTA 3. Para acceder al vídeo de <i>Edpuzzle</i> haga clic en este enlace: https://edpuzzle.com/media/5ee76655597b5a3f4a605e92			

SESIÓN 5. ¿Somos organismos mutantes?			
Contenidos: mutaciones y tipos de mutaciones.			
Objetivos: OUD 5, OUD6, OUD7		Competencias clave: CL, CMCT, CD, CSC	
Actividad	Descripción de la actividad	Recursos utilizados	Temporalización
5.1 Construimos el ADN y provocamos mutaciones	Se reproducirán dos audios de 30 segundos, relacionados con el caso que se tratará en la sesión posterior, para crear curiosidad en los alumnos. Mediante una videoconferencia y presentación Power Point, el profesor dará a conocer el concepto de mutación. A continuación, realizará una explicación mediante una manualidad que el profesor ha realizado, para interconectar los conceptos anteriormente tratados en la UD con las mutaciones. Durante toda esta actividad, los alumnos podrán interrumpir al profesor y preguntar las dudas que les vayan surgiendo durante la explicación. Para poder visualizar el vídeo pinche aquí o en el enlace a pie de tabla (NOTA 1).	- Videoconferencia - Power Point - Vídeo didáctico	20 minutos
5.2 Tipos de mutaciones	Se llevará a cabo una breve explicación telemática, de los tipos de mutaciones para conectar con la actividad final propuesta. Los alumnos podrán interrumpir al profesor y preguntar las dudas que les vayan surgiendo durante la explicación. Además, si tienen algún problema en visualizar las diapositivas o escuchar al profesor, estos deben comunicarlo, (visualización en el enlace a pie de tabla). Video ejemplo en el pie de tabla (NOTA 2).	- Videoconferencia - Power Point.	30 minutos
5.3 Creando mutaciones	Se presenta una actividad final, en la que los alumnos deberán crear mutaciones puntuales, así como responder a las preguntas que se les plantea. Esta actividad se encuentra en el <i>Anexo VIII</i> . La fecha límite para entregarla es de una semana.	- Actividades didácticas. (<i>Anexo VIII</i>) - Plataforma <i>Moodle</i> - Videoconferencia.	5 minutos
NOTA 1. Para acceder a la explicación con la manualidad: https://drive.google.com/file/d/1rVdpYdGnK_LTMH_6jb6pD4dtJSLIZf5/view?usp=sharing NOTA 2. Esta sesión se puede encontrar grabada, haciendo clic aquí o en el siguiente enlace: https://drive.google.com/file/d/1b6C8DPYA4y6vmFyu-leB4FK5rwR7OXop/view?usp=sharing El tiempo de la grabación, no corresponde realmente al tiempo invertido en la videoconferencia, pues el profesor hará preguntas a sus alumnos y viceversa.			

SESIÓN 6. Caso: “La sinfonía de ADN”			
Contenidos: proteínas y su estructura, concepto de gen, expresión génica, código genético, mutaciones, enfermedades hereditarias.			
Objetivos: OAUD1, OAUD2, OAUD3, OUD4, OUD5, OUD6, OUD7, OUD8, OUD9, OUD10		Competencias clave: CL, CMCT, CD, CAA, CSC, SIEP	
Actividad	Descripción de la actividad	Recursos utilizados	Temporalización
6.1 Presentación del caso	Esta sesión se va a llevar a cabo siguiendo la metodología de Aprendizaje Basado en Casos (ABC). Para ello se va a presentar el caso siguiendo el <i>Anexo IX Hoja presentación del caso</i> . A continuación, el profesor reproducirá dos audios grabado por él mismo tocando el violín, (transformación de secuencia de ADN silvestre y mutante, en notas musicales). Los audios serán la cuestión vertebradora del caso.	- Plataforma <i>Moodle</i> - Videoconferencias. - Audio digital. - Hoja presentación del caso (<i>Anexo IX</i>).	15 minutos
6.2 La sinfonía del ADN	A continuación, el profesor dará a conocer que el audio presente corresponde al Síndrome X frágil. Los alumnos deberán realizar un breve trabajo de investigación sobre dicho Síndrome, realizando el informe que se muestra en el <i>Anexo X</i> , así como los recursos que se les proporcionan: apartado del TFM llamado “fundamentación teórica complementaria” y artículo científico determinado en el <i>Anexo X</i> . En este casos se interrelacionan todas la sesiones de la UD, así como el estudio de este síndrome genético. A lo largo de la actividad, el profesor estará atento por si surgen dudas, su rol es guiar al alumno, pues algunos de los recursos se encuentran en inglés. Entregarán el informe enviándolo a la plataforma <i>Moodle</i> al acabar esta sesión.	- Artículos científicos. - Videoconferencia. - Audio digital. - Informe <i>Anexo X</i>. - Teoría complementaria.	40 minutos
NOTA. Para acceder a los audios haz clic en las siguientes palabras: audio secuencia silvestre , audio secuencia mutada El tiempo que abarca esta sesión puede ser demasiado, es función del profesor, ir orientando y guiando a los alumnos, para que sus respuestas se ciñan a lo que se les pregunta en el informe del <i>Anexo X</i> , así como al tiempo de la actividad.			

SESIÓN 7. Caso resuelto y autoevaluación.			
Contenidos: proteínas y su estructura, concepto de gen, expresión génica, código genético, mutaciones, enfermedades hereditarias			
Objetivos: OAUD1, OAUD2, OAUD3, OUD4, OUD5, OUD6, OUD7, OUD8		Competencias clave: CL, CMCT, CD, CAA, CSC, SIEP	
Actividad	Descripción de la actividad	Recursos utilizados	Temporalización
7.1 Resolución del caso	El profesor comienza con el audio y resuelve el caso, explicando que el audio que han escuchado es un fragmento de la secuencia de ADN sin mutar, y luego la secuencia mutada que origina el Síndrome X frágil. Se hará una puesta en común sobre la resolución del caso, basándose en el artículo que se proporcionó en la sesión anterior.	- Videoconferencia - Plataforma <i>Moodle</i> - Artículo científico.	10 minutos
7.2 Test ideas previas	El profesor, les hará llegar de nuevo a los estudiantes, el mismo test de ideas previas que realizaron al comienzo de la sesión (<i>Anexo I</i>). Estos deberán hacerlo en el tiempo de 20 minutos y enviarlo mediante la plataforma <i>Moodle</i> . El profesor se asegurará que las ideas previas erróneas hayan desaparecido o disminuido.	- Test de ideas previas (<i>Anexo I</i>) - Videoconferencia - Plataforma <i>Moodle</i>	20 minutos
7.3 Autoevaluación de la UD	En el <i>Anexo XI</i> se incorpora una autoevaluación, para que el alumnado valore las actividades y elaboración de la UD que han llevado a cabo.	- Autoevaluación (<i>Anexo XI</i>) - Videoconferencia - Plataforma <i>Moodle</i>	15 minutos
NOTA. Esta sesión está planificada con una temporalización más flexible ya que, si por causas determinadas, el docente necesitaría una nueva organización de las sesiones y pueda, de este modo, obtener tiempo de esta última sesión.			

7.8. Evaluación

7.8.1. Criterios de Evaluación y estándares de aprendizaje evaluables

En el *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre*, (en el *Anexo I págs. 211-213*) por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, y en la *Orden de 14 de julio de 2016, (Anexo I, págs 139-140)*, se expone que la evaluación debe ser continua. Además, se reflejan los Criterios de Evaluación (CE) para la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO, en este caso. Concretamente, en esta UD, se van a trabajar cuatro criterios de evaluación, inscritos en el Bloque 1 de la asignatura titulado *La evolución de la vida*. Los CE que se muestran a continuación, corresponden a los criterios número 5, 6, 7, 8 y 11 del *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre*, del *Bloque 1*, pero para una mejor comprensión, se han numerado del 1 al 5:

- **CE1.** *Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función.*
- **CE2.** *Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.*
- **CE3.** *Comprender cómo se expresa la información genética, utilizando el código genético.*
- **CE4.** *Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución.*
- **CE5.** *Conocer algunas enfermedades hereditarias, su prevención y alcance social.*

Además, como se va a llevar a cabo el Aprendizaje Basado en Casos, se van a abordar dos criterios de evaluación que corresponden al *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre*, en el Bloque llamado *Proyecto de investigación*, concretamente son los que esta legislación los enumera 2 y 3, pero en este caso, se continuará con la enumeración de los CE anteriormente expuestos:

- **CE6.** *Elaborar hipótesis, y contrastarlas a través de la experimentación o la observación y argumentación.*
- **CE7.** *Discriminar y decidir sobre las fuentes de información y los métodos empleados para su obtención.*

Respecto a los contenidos extracurriculares, referentes a las proteínas, se ha diseñado 1 criterio de evaluación, relacionados con los tres objetivos de ampliación de la UD que se mostraron anteriormente. Dicho CE se muestra a continuación, siguiendo el orden previamente expuesto:

- **CE8.** *Relacionar la estructura con la función de las proteínas.*

Cada uno de estos criterios de evaluación, están relacionados con los Estándares de Aprendizaje Evaluables (EAE), según expone este mismo *Real Decreto*

1105/2014, de 26 de diciembre, los enumera acorde a su enumeración (*Bloque 1: 5.1; 6.1; 7.1; 8.1 y 11.1. Bloque 4: 2.1; 3.1*). A continuación se muestran los Estándares de Aprendizaje Evaluables, que se abordan en esta UD:

- EAE 1.1. *Distingue los distintos ácidos nucleicos y enumera sus componentes.*
- EAE 2.1. *Reconoce la función del ADN como portador de la información genética, relacionándolo con el concepto de gen.*
- EAE 3.1. *Ilustra los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético.*
- EAE 4.1. *Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos.*
- EAE 5.1. *Identifica las enfermedades hereditarias más frecuentes y su alcance social.*
- EAE 6.1. *Utiliza argumentos justificando las hipótesis que propone.*
- EAE 7.1. *Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.*
- EAE 8.1. *Reconoce la función de la proteína, y la relaciona con su estructura.*

Los contenidos de la materia, con los objetivos didácticos, las competencias clave, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables que se desarrollan en la propuesta didáctica expuesta, se relacionan en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Relación de contenidos, objetivos didácticos, competencias clave, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables en la UD.

Contenidos de la materia	Objetivos didácticos	Competencias clave	Criterios de Evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Las proteínas y su estructura	OAUD1, OAUD2, OAUD3	CL, CMCT, CD	CE8	EAE 8.1
Los ácidos nucleicos	OU1, OU2	CL, CMCT, CD	CE1	EAE 1.1
ADN y genética molecular	OU3	CL, CMCT, CD, SIEP	CE2	EAE 2.1
Proceso de replicación del ADN	OU3	CL, CMCT, CD	CE2	EAE 2.1
Concepto de gen	OU4	CL, CD	CE2	EAE 2.1

Expresión de la información genética	OULD5	CL, CMCT, CD	CE3	EAE 3.1
Código genético	OULD5	CL, CMCT, CD	CE3	EAE 3.1
Mutaciones	OULD6, OD7	CL, CMCT, CD, CSC	CE4	EAE 4.1
Enfermedades hereditarias, prevención y alcance social.	OULD8. OULD9, OULD10	CL, CMCT, CD, CAA, CSC, SIEP	CE5, CE6, CE7	EAE 5.1 EAE 6.1 EAE 7.1

Todos estos Criterios de Evaluación, van a ser valorados por el docente en cada uno de los alumnos, mediante las rúbricas que se muestran en el *Anexo XII*. Se han diseñado tres tipos de rúbrica dependiendo de la tipología de la actividad a evaluar:

- Rúbrica para los informes y videos de las prácticas: corresponden a la evaluación de los documentos presentes en los *Anexos III y VI*.
- Rúbrica para las actividades propuestas: corresponden a la evaluación de los documentos presentes en los *Anexos I, IV y VII*. Concretamente, el *Anexo I* hace referencia al “Test de Ideas Previas” que se les proporcionó a los alumnos antes del inicio de la UD (esta actividad no es evaluable), pero se les volvió a facilitar este test en la sesión 7, con el fin de que el docente aprecie la evolución de sus alumnos, sirviéndole además este último test como instrumento de evaluación.
- Rúbrica para las pruebas propuestas: corresponden a la evaluación de los documentos presentes en los *Anexos VIII y X*.

Además, se propone una rúbrica para evaluar la participación y actitud de los alumnos en el transcurso de las videoconferencias, así como en la ejecución de las actividades de clase.

7.8.2. Criterios de calificación

La calificación final de esta UD, se expone a continuación en la *Tabla 4*. En ella, se presenta la actividad que se va a evaluar, relacionándola con su procedimiento e instrumento de evaluación, así como con el criterio o criterios evaluados. Se han determinado los porcentajes de calificación en base a los criterios que abarque cada actividad de la UD, junto a las competencias clave evaluadas en cada una de las actividades. Dichas actividades, están a su vez agrupadas en las tres mismas

modalidades en las que se han evaluado con las rúbricas (*Anexo XIII*): Informes y vídeos de prácticas, actividades propuestas y pruebas.

Tabla 4. Tipo de actividad, procedimiento e instrumento de evaluación relacionados con el CE y la competencia clave evaluadas para determinar los porcentajes de calificación de la UD en la Asignatura de Biología y Geología de 4º ESO.

Tipo de actividad evaluada	Procedimiento de evaluación	Instrumento de evaluación	Criterio evaluado	Competencia clave evaluada	Ponderaciones respecto a la calificación final
Informes y vídeos de prácticas	Análisis de la ejecución de los informes (<i>Anexos III y VI</i>)	Rúbrica 1 (<i>Anexo XIII</i>)	CE1 CE7 CE8	CL CMCT CD SIEP	30%
	Observación y análisis de los vídeos realizados				
Actividades propuestas en clase	Análisis de los ejercicios realizados (<i>Anexos I, IV y VII</i>)	Rúbrica 2 (<i>Anexo XIII</i>)	CE1 CE2	CL CMCT CD SIEP	20%
Pruebas	Prueba <i>Online</i> específica (<i>Kahoot</i>)		CE1 CE2 CE3	CL CMCT CD CSC CAA SIEP	50%
	Análisis de la ejecución del informe del caso (<i>Anexo X</i>)		CE4 CE5 CE6		
	Análisis de los ejercicios realizados (<i>Anexo VIII</i>)		CE7 CE8		

A la hora de llevar a cabo las ponderaciones, se han de tener en cuenta varios puntos de vista. En primer lugar, hay que destacar que los porcentajes establecidos en la tabla anterior, son mayores cuantos más Criterios de Evaluación se trabajen en cada tipo de actividad, donde la suma de los porcentajes de la UD es de un 100%

Además, referente a la calificación global de la asignatura, se debe saber que esta UD abarca 5 criterios de evaluación curriculares, 1 extracurricular y 2 referente a proyectos de investigación, por lo que como media, cada CE pondera 2% respecto a la

calificación final de la asignatura de Biología y Geología, dependiendo del peso de esta UD dentro de las Unidades Didácticas que se desarrollen en esta signatura.

Por otro lado, hay que destacar que, existen criterios que se van a trabajar en todas las UD, como es el caso de los criterios de evaluación 6 y 7 de esta UD, que corresponden al Bloque llamado *Proyecto de Investigación*, y el caso de la calificación de la participación y actitud. Es por ello que en el centro se ha acordado calificar la participación y actitud, junto con los criterios referentes al Bloque *Proyecto de investigación*, con un 10% de la totalidad de la asignatura. Para calificar la participación y actitud, se puede seguir la rúbrica planteada en el *Anexo XIII*, donde se valorará tanto la puntualidad a las videoconferencias, como la participación activa y el respetar el turno de palabra durante las sesiones virtuales.

Valorando todos estos puntos, se ha llegado a la conclusión de que para poder superar la UD, se necesitará obtener a un 50% de la calificación, según la *Tabla 4*.

7.8.3. Recuperación y proacción

Habrán alumnos que no superen el 50% en sus calificaciones en esta UD, y es por ello que debe plantearse un sistema de recuperación. Para ello, siguiendo la metodología *Online*, el profesor le proporcionará a estos estudiantes los vídeos de las videoconferencias grabadas, los ejercicios realizados en esta UD, así como la batería de ejercicios presente en el *Anexo XIV*. De este modo, los alumnos tendrán a su disposición todas las explicaciones, actividades corregidas que se han realizado en clase y que deberán hacer de nuevo, además de la relación de ejercicios de recuperación del *Anexo XIV*.

Por otro lado, para los alumnos que tengan interés en la temática de la UD, en el siguiente enlace <http://www.bbc.co.uk/spanish/extra0006genomac.htm> se muestra una actividad interactiva sobre el Proyecto Genoma Humano, relacionado con la UD que se ha trabajado. Además, en el *Anexo XV*, se presenta una ficha de profundización cuya fuente es: Pedrinaci E. & Pascual J.A. Biología y Geología 4º ESO. SM Editoriales. ISBN: 9788467586978 (62-81).

7.9. Limitaciones de la Propuesta Didáctica

Al llevar a cabo una Propuesta Didáctica mediante una metodología *online*, existen muchas limitaciones. Por un lado limitaciones que no están al alcance del docente o del centro, como pueden ser fallos espontáneos de Internet, del programa en el que se llevan a cabo las videoconferencias, o incluso de la plataforma virtual *Moodle*.

Sin embargo, existen limitaciones al alcance del docente o del centro que deben tener en cuenta, para poder efectuar, de la mejor manera posible, el desarrollo de esta UD.

En primer lugar, destacar la limitación de los recursos tecnológicos. El docente debe cerciorarse que todos sus alumnos dispongan de recursos digitales para poder abordar la UD propuesta. En el centro San Vicente de Paúl, esto se ha tenido en cuenta, y se tomaron medidas tanto desde el centro como desde el Ayuntamiento de Jaén, para aquellos alumnos carentes de recursos digitales o defectuosos (mencionado en el apartado “caracterización del alumnado”). De este modo, todos los estudiantes de este centro, no presentan una limitación para poder efectuar el proceso enseñanza-aprendizaje.

Otra limitación es la posible disminución en la participación de los alumnos durante las sesiones, es por ello que la participación y la actitud deben cobrar una mayor relevancia. Desde el punto de vista contrario, puede haber alumnos que dificulten el aprendizaje al no respetar el turno de palabra, y en el contexto en el que se desarrolla una videoconferencia, esto cobra una mayor importancia, pues imposibilitaría la ejecución de la misma.

Por último, y no menos importante, hay que destacar que la metodología *online* supone un arduo esfuerzo por parte del docente. En parte, porque todo lo referido a este tipo de metodología, es novedoso y a la vez complicado si no se ha practicado con anterioridad. Es por ello, que el docente debe formarse adecuadamente para poder abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje *online* desarrollándolo sin ninguna complicación que dependa de él mismo. Por otro lado, la preparación de todas las sesiones virtuales así como de las prácticas, supone un esfuerzo añadido que con la metodología tradicional no se presentaba. Un ejemplo son las prácticas de laboratorio, la ejecución de las mismas depende de la actitud del profesor y de su predisposición a realizarlas. En el caso de esta UD, se ha querido demostrar que las prácticas experimentales se pueden abordar superando la “barrera” de la no presencialidad, con una adaptación usando materiales caseros, y se podrá comprobar que los alumnos pueden alcanzar los objetivos preestablecidos.

La confianza en los alumnos por parte del profesor debe acrecentarse, ya que la presencia *online* evita estar físicamente en el entorno de los alumnos. El docente debe confiar que los alumnos estén atendiendo y comprendiendo los contenidos, así como que estos no copien durante las pruebas realizadas. La solución a esta limitación que se ha planteado en esta UD, ha sido establecer videoconferencias con las cámaras encendidas de cada uno de los alumnos, para establecer un contacto visual entre estos y el profesor, así como fomentar en los estudiantes una participación más activa, esto se consigue por medio de preguntas que continuamente les debe estar planteando el docente.

7.10. Propuesta de mejora didáctica

Esta UD se ha diseñado para poder abordarla siguiendo una metodología online, debido al desconocimiento sobre cómo se abordará la enseñanza en el próximo curso 2020-2021. La elección de haberla realizado online, es debido a que esta metodología recoge muchas más limitaciones y dificultades, frente a la metodología presencial tradicional a la que ya estamos habituados, como se ha expuesto en el apartado anterior.

En vista a la ambigüedad que existe en cómo se abordará la enseñanza en el curso 2020-2021, una propuesta de mejora de esta UD, sería desarrollarla siguiendo una metodología de semipresencialidad. Como en esta UD se han elaborado y puesto a disposición todos los recursos a utilizar, tan solo el docente, deberá plantear qué sesiones, actividades o materiales en general, sería más útil y se podrían obtener mayores beneficios hacia el alumnado, siguiendo la metodología presencial u *online* según el caso. Un ejemplo sería el desarrollo de las prácticas de laboratorio siguiendo una metodología presencial en vez de virtual, pues estas precisan de unos materiales que muchos alumnos se pueden sentir limitados para obtenerlos, así como el gran beneficio que se consigue al llevarlas a cabo en clase.

8. Conclusiones

Esta Unidad Didáctica, es un verdadero desafío, una propuesta ambiciosa hacia la enseñanza no presencial que en este último trimestre está sufriendo la educación. Pues, a pesar de seguir una metodología *online*, propone desarrollar en el alumnado habilidades y destrezas que, se desconocen si se van a experimentar mediante la no presencialidad. Aun así, avanzar en el aprendizaje significativamente, va a ser posible gracias al diseño de Unidades Didácticas como la que aquí se propone.

Referente a la metodología en la que se ha fundamentado la UD, hay que destacar que el alumnado recibirá una gran diversidad de recursos que favorecerán su aprendizaje, así como diferentes herramientas de evaluación. Esto propicia un aumento del interés en los estudiantes, hacia la materia, además de fomentar la participación de los mismos durante las sesiones. Una buena estrategia que se ha querido mostrar en esta UD, es hacer ver a los alumnos que cada sesión es diferente, para crear expectación en los mismos. Al trabajar las sesiones utilizando diferentes recursos, pero siguiendo un mismo hilo conductor, hará que los alumnos desvíen su atención mínimamente. Por hilo conductor se refiere al recurso tan simple como el uso de un “muñeco” en las presentaciones, como se puede apreciar en los videos ejemplo de las sesiones.

Respecto a la continuidad entre las sesiones, tiene gran importancia el ir tratando los contenidos desde los más simples a los más complejos, ya que aparte de

desarrollar en el alumnado un aprendizaje significativo (como indica además la Taxonomía Bloom), permite finalmente construir interrelaciones entre dichos contenidos. Además, se establecen nuevas conexiones neuronales en los alumnos, como resultado de su aprendizaje, eliminando esas ideas previas erróneas presentes al comienzo de la primera sesión. En la propuesta didáctica, como se aprecia, se parte de conceptos sencillos como proteína, ADN y gen, hasta llegar al caso “La sinfonía del ADN”, donde se interrelacionan absolutamente todos los contenidos tratados en la UD, además de abarcar el estudio de las enfermedades causadas por mutaciones genéticas.

Asimismo, referente a los criterios de calificación usados en esta UD, se ha querido favorecer el esfuerzo y el trabajo continuo, a diferencia del característico examen final de la enseñanza tradicional presencial, que suele acarrear más de la mitad de la calificación de la UD pertinente. Los tipos de actividades que se van a evaluar: informes, vídeos, ejercicios de clase y pruebas, también presentan una complejidad creciente a medida que se avanza en el transcurso de la UD. Esto, está relacionado tanto con el concepto de linealidad y continuidad de la UD, así como de los diferentes tipos de actividades para aumentar el interés del alumno y fomentar su trabajo y esfuerzo continuo, pilar fundamental para poder superar esta Propuesta Didáctica.

En cuanto a las perspectivas futuras, a la hora de abordar la presente Unidad Didáctica en el curso académico 2020-2021, se ha propuesto una mejora para poder desarrollarla, siguiendo una metodología que englobe la presencialidad y la no presencialidad. Una propuesta factible e inteligente, en vista a la indeterminación que existe para abordar la enseñanza el próximo curso académico. Desde mi punto de vista, la complejidad de la UD mediante la metodología *online*, se basa en la diversidad de recursos virtuales y actividades que se han desarrollado con el fin de obtener igual o mejores beneficios en el proceso enseñanza-aprendizaje de los alumnos. La modalidad *online* nos resulta hoy día más compleja, por el hecho de que ni docentes ni alumnado estamos habituados a ella, entre otras causas y limitaciones, pero trasladar todos estos recursos a la presencialidad en vista a un futuro de docencia presencial, sería mucho más sencillo, pues todos los materiales y actividades necesarios, ya se han especificado.

9. Bibliografía

- Abril, A. M. (2010). La enseñanza de las ciencias experimentales . Un caso de estudio : la genética y la biología molecular, 1–16
- Abril, A. M., Mayoral, M. V., & Francisco Javier, M. (2004). Los medios de comunicación social y la didáctica de la genética y la biología molecular en E.S.O., (1), 1–11.
- Allchin, D. (2013). Problem- and case-based learning in science: an introduction to distinctions, values, and outcomes. *CBE Life Sci Educ* 12(3), 364-372.
- Armenta, C. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética, 26(2), 227–243.
- Banet, E., & Ayuso, G.E. (2000). Teaching genetics at Secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, 84, 313-351.
- Banet, E., & Ayuso, G.E. (2003). Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *International Journal of Science Education*, 25, 373-407.
- Bixio, C. (2006). ¿Chicos aburridos? El problema de la motivación en la escuela. *Argentina: HommoSapiens*.
- Braam, R. (2009). Everything about genes: some results on the dynamics of genomics research. *Scientometrics*, 79, 61-77.
- Brown, T. (2007). *Genomes 3* (3rd ed.). Garland Science.
- Cáceres, M. T. (2017). Cómo mejorar la motivación hacia la Biología y Geología de 4ºESO mediante recursos audiovisuales.
- Carretero, M.B. (2011). Cine y literatura como herramientas de trabajo para el estudio de enfermedades contagiosas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), 341-352.
- Castillo M., & Gamboa, R. (2012). Desafíos de la Educación en la Sociedad Actual. *Revista electrónica Diálogos Educativos*, 12, 55-69.
- Clark, S. A. (1982). Hands-on Model of DNA. *The American Biology Teacher*, 44(2).
- Cóndor-Herrera, O. (2020). EDUCAR EN TIEMPOS DE COVID-19. *CienciAmérica*, 9. <https://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i2.281>
- Deadman, J.A. & Kelly, P.J. (1978). What do secondary schools boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12, 7-15.

- Doménech, J.; Besson, I.; Merlo, M., Puigcerver, M. & Solé, M.T. (2012). Genes, memes y bits: el cómo, el porqué de cinco recursos web sobre genética. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 43-58. Recuperado de: <http://dide.minedu.gob.pe/>
- Doucet, A., Netolicky, D., Timmers, K. & Tuscano, F. J. (2020). Thinking about pedagogy in an unfolding pandemic. UNESCO.
- Estébanez, J. M. (2014). Trabajo fin de máster Análisis de los conocimientos e ideas previas sobre Genética de alumnos que comienzan 4o de ESO comparados con los de alumnos de 1o de Bachillerato ., 1–53.
- Figini, E. & Michaela, A. (2005). La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*.
- Finley, F., Stewart, J. & Yarroch, W. (1982). Teacher's perceptions of important and difficult science content: The report of a survey. *Science Education*, 66, 531-538.
- Furió, C.; Vilches, A.; Guisasola, J. & V. Romo. (2001). Finalidades de la enseñanza de las Ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedeútica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 365-376.
- González, C. R., Banet, E., & Banet, L. L. (2017). Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre herencia biológica : implicaciones para su enseñanza, 14(3), 550–569.
- Hewson, P.W. (1981). Constructivism and reflexive practice in science education, en Montero, L. y Vez, J.M. Las didácticas específicas en la formación del profesorado. Santiago: Ed. Tofeso.
- <https://www.researchgate.net/publication/340515328>
- Jensen, J. L. (2014). Teaching to the Test...or Testing to Teach: Exams Requiring Higher Order Thinking Skills Encourage Greater Conceptual Understanding. *Educ Psyc Rev* 26(2), 307-329.
- Jones, M., Carter, G. y Rua, M. (1999). Children's concepts: tools for transforming science teachers' knowledge. *Science Education*, 83, 545- 557.
- Klug, A.(1968). Rosalind Franklin and the Discovery of the Structure of DNA. *Nature* **219**, 808–810. <https://doi.org/10.1038/219808a0>
- Miller, O. J., & Therman, E. (2011). *Human chromosomes*. Springer Science & Business Media.
- Moreno, S. (2020). La innovación educativa en los tiempos del Coronavirus.
- Morón, C. (2013). Cómo secuenciar los contenidos para la biología y geología de 4 . o curso de la ESO, 100–107.

- Muela, F. J. (2014). Genética y cine. Naturaleza y origen de ideas previas como base de una propuesta didáctica para la Educación Secundaria Obligatoria.
- Muñoz, J. L. & Lluch, L. (2020). Educación y Covid-19: Colaboración de las Familias y Tareas Escolares. *Revista Internacional de Educación Para La Justicia Social*, 9.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2013). *Principles of Biochemistry* (Fifth edit). 2009. (pp71-84; 271-287; 952-954; 1021-1040; 1065-1099).
- Pedrinaci, E. (2011). ¿Qué ciencia enseñar? Entre el currículo y la programación del aula. *Didáctica de la biología y la geología*.
- Protein Data Bank: <https://www.rcsb.org/> (accessed May 2020)
- Rezaee, R. & L. Mosalanejad (2015). The effects of case-based team learning on students' learning, self regulation and self direction. *Glob J Health Sci* 7(4), 295-306.
- Ribón, A. Y., & Ramos, D. I. (2019). Caracterización de ideas previas del concepto de ADN por medio de mapas conceptuales, 37–47.
- Ryan, P. (1986). How-TI Using the Text Processor to Teach DNA Structure Discover 16 Ways To Enhance Your Teaching, 47–48.
- School, Harvard. B. (2016). The HBS Case Method. Disponible en: <https://www.hbs.edu/mba/academicexperience/Pages/the-hbs-casemethod.aspx> (accessed May 2020)
- Tamayo, O. (2002). De las concepciones alternativas al cambio conceptual en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista universidad de Manizales. Facultad de Educación, Planilla Educativa*, (2), 57- 67.
- Thistlethwaite et al. (2012). The effectiveness of case-based learning in health professional education. A BEME systematic review: BEME Guide No. 23. *Medical Teacher* 34(6), e421-e444.
- Tsui, C-Y. & Treagust, D. (2010) Evaluating secondary students' scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 32, 1073-1089.
- Turney, J. (1995). The public understanding of genetics – where next?. *European Journal of Genetics and Society*, 1, 5-20.
- Woolfolk, A.E. (2006). *Psicología Educativa*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.

10. ANEXOS

10.1. Anexo I. Test para determinar las ideas previas de los alumnos

Tabla 5. Test Ideas Previas

Test de ideas previas en el alumnado																																			
Mediante este test, el docente va a conocer las ideas previas de sus estudiantes, antes de la impartición de la UD propuesta.	Fecha:	Curso:																																	
1. Contesta a las siguientes preguntas escribiendo UNA SOLA FRASE. a) ¿Qué es una proteína? b) ¿Qué es el ADN? c) ¿En qué parte de la célula se encuentra el ADN? d) ¿Dónde se localizan los genes? e) ¿Qué es una mutación? 2. Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones. A continuación, escribe la frase correcta, en el caso que sea falsa. <table border="1"><thead><tr><th></th><th>V</th><th>F</th></tr></thead><tbody><tr><td>Nuestro organismo está formado, entre otros elementos, por proteínas.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Las proteínas cumplen muchas funciones en el organismo.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Podemos tomar proteínas del exterior y sintetizarlas nosotros mismos.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Las raíces de las plantas no tienen ADN.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>En la boca es donde más ADN existe de nuestro cuerpo.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>La sangre es ADN.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Un gen es un fragmento de ADN.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Una mutación puede ser beneficiosa o perjudicial.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siempre se pueden visualizar los efectos que causan las mutaciones.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Las mutaciones son cambios en la sangre.</td><td></td><td></td></tr></tbody></table> Escribe a continuación, las frases correctas de las que hayas considerado falsas.				V	F	Nuestro organismo está formado, entre otros elementos, por proteínas.			Las proteínas cumplen muchas funciones en el organismo.			Podemos tomar proteínas del exterior y sintetizarlas nosotros mismos.			Las raíces de las plantas no tienen ADN.			En la boca es donde más ADN existe de nuestro cuerpo.			La sangre es ADN.			Un gen es un fragmento de ADN.			Una mutación puede ser beneficiosa o perjudicial.			Siempre se pueden visualizar los efectos que causan las mutaciones.			Las mutaciones son cambios en la sangre.		
	V	F																																	
Nuestro organismo está formado, entre otros elementos, por proteínas.																																			
Las proteínas cumplen muchas funciones en el organismo.																																			
Podemos tomar proteínas del exterior y sintetizarlas nosotros mismos.																																			
Las raíces de las plantas no tienen ADN.																																			
En la boca es donde más ADN existe de nuestro cuerpo.																																			
La sangre es ADN.																																			
Un gen es un fragmento de ADN.																																			
Una mutación puede ser beneficiosa o perjudicial.																																			
Siempre se pueden visualizar los efectos que causan las mutaciones.																																			
Las mutaciones son cambios en la sangre.																																			

3. Conociendo estas cuatro fotografías, indica la opción correcta en las preguntas de abajo.



- a) Indica cuál presenta células
 - A y C
 - A, B, C y D
 - A, C y D
 - Ninguna
- b) Indica quién tiene ADN
 - A y C
 - B y D
 - A, C y D
 - Todas
- c) Indica quien presenta genes
 - A y C
 - Todas
 - Ninguna
 - B y D
- d) Indica quien tiene proteínas
 - Ninguna
 - B y D
 - A, C y D
 - Todas
- e) Indica quién tiene mutaciones
 - A y C
 - B y D
 - A, B, C y D
 - Ninguna

Tabla 6. Protocolo de prácticas. Desnaturalización de proteínas.

Protocolo práctica “Desnaturalización de proteínas de la clara del huevo y de la leche”	
Materiales necesarios:	
1. Para experimento 1: Desnaturalización de la proteína de la clara del huevo.	
✓ Un vaso de cristal.	
✓ Un trozo de papel film transparente.	
✓ Una clara de huevo.	
✓ Alcohol o etanol (puedes encontrarlo en el botiquín de casa).	
2. Para el experimento 2: Desnaturalización de la proteína de la leche.	
✓ Dos vasos de cristal.	
✓ Medio vaso de leche.	
✓ Medio limón.	
✓ Vinagre	
Procedimiento:	
A.	Experimento 1.
	1. Añade a la clara del huevo unos 20 mL de alcohol/etanol.
	2. Agita vigorosamente el vaso con la clara del huevo y el alcohol/etanol.
	3. Tapar con papel film y esperar media hora.
	4. Observar lo que ha ocurrido a la media hora y tomar una fotografía.
	5. Tapar el vaso de nuevo y volverlo a observar al día siguiente, toma otra fotografía.
B.	Experimento 2.
	1. Reparte en los dos vasos la misma cantidad de leche aproximadamente.
	2. Añade a un vaso con leche el zumo de limón, exprimiendo previamente el medio limón.
	3. Añade al otro vaso con leche en torno a 20 mL de vinagre.
	4. Espera 30 minutos y observa lo que ha ocurrido.
	5. Toma una foto a cada uno de los vasos.

10.3. Anexo III. Actividad 1: “¿Proteínas desnaturalizadas?”

Una vez que has elaborado la práctica de “Desnaturalización de proteínas”, debes rellenar la tabla siguiente con las fotos que has obtenido, y responder a las cuestiones posteriores:

Tabla 7. Informe práctica "Desnaturalización de proteínas"

Experimento 1. Desnaturalización de la proteína de la clara del huevo	
Nombre y apellidos:	
Fecha de entrega:	
Fotografía a los 30 min. de aplicar el alcohol	Fotografía a las 24 horas de aplicar el alcohol
Explica lo que se observa:	Explica lo que se observa:
1. ¿Qué proteína de la clara del huevo puede ser la que se haya desnaturalizado?. Busca información en este artículo científico sobre las proteínas de la clara del huevo: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Ganad/Ganad_2008_52_56_57.pdf 2. ¿Qué cambios has observado en la proteína respecto a la clara sin la presencia del alcohol? ¿Hay cambios de los 30 minutos a las 24 horas tras la aplicación del alcohol? 3. ¿Qué función crees que tiene el papel film al tapar el vaso? ¿Por qué piensas que el alcohol desnaturaliza la proteína de la clara del huevo?	

Experimento 2. Desnaturalización de la proteína de la leche.	
Nombre y apellidos:	
Fecha de entrega:	
Fotografía: leche + vinagre	Fotografía: leche + zumo de limón
Explica lo que se observa	Explica lo que se observa
1. ¿Qué agente desnaturalizante actúa en cada caso? No es válido indicar vinagre o zumo de limón, reflexiona sobre la composición ácida de cada uno de ellos. 2. ¿Qué proteína o proteínas son las que se desnaturalizan? Suponiendo que le leche es de vaca. Para ello, consulta el siguiente artículo científico: https://www.redalyc.org/pdf/695/69520107.pdf 3. ¿Hay alguna diferencia entre la desnaturalización llevada a cabo con el vinagre, respecto a la del zumo de limón?	

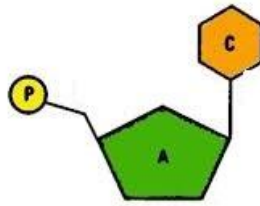
10.4. Anexo IV. Actividad 2. ¿Conoces al ADN?

En la sesión 2 hemos trabajado los ácidos nucleicos, sus funciones y el concepto de gen. A continuación, se muestran actividades para comprobar si has asimilado los conceptos:

Tabla 8. Actividad de consolidación. ¿Conoces al ADN?

Actividades consolidación. ¿Conoces al ADN?
Nombre y apellidos:
Fecha:
1. Completa los dos textos siguientes con las palabras que se muestran a continuación:
Nucleoide, ácido ribonucleico, núcleo, ácido desoxirribonucleico, proteínas, citoplasma, ribosomas.
El ADN, o también llamado _____, contiene la información genética de cada individuo. En las células eucariotas se encuentra en el _____, y en las procariotas en el _____.
El ARN, o también llamado _____, lleva a cabo la síntesis de _____ (ARNm y ARNt) y forma los _____ (ARNr). Se puede encontrar tanto en el núcleo como en el _____ de la célula.
Guanina, hidrógeno, ADN, complementarias, Rosalind Franklin, uracilo, timina, guanina, proteínas.
Respecto a la estructura del ADN, realmente fue descubierta por _____.
Las bases nitrogenadas del ADN son: Adenina, _____, citosina y _____.
Las bases nitrogenadas del ARN son: Adenina, _____, citosina y _____.
La Adenina con la Timina, y la Guanina con la citosina se unen mediante puentes de _____, pues son bases _____.
Un gen es un fragmento de _____ que contiene información para sintetizar _____.

2. Observa esta estructura.



- a) Identifica la estructura. ¿De qué se trata? →
- b) A qué corresponde el compuesto A →
- c) A qué corresponde el compuesto C →
- d) A qué corresponde el compuesto P →

3. Se muestra una cadena de ADN, escribe la otra cadena complementaria a esta, sabiendo que la base complementaria de la adenina (A) es la timina (T) y la de la citosina (C), la guanina (G).

Cadena →

A T G C T A G C T A G C T A G G C T T A

Escribe aquí la complementaria →

Tabla 9. Protocolo práctica "Extracción de ADN de plátano"

Protocolo "Extracción de ADN de plátano"	
Materiales a utilizar	
-	Alcohol que podéis encontrar en el botiquín de casa. (debe estar frío)
-	Jabón
-	Agua fría
-	Una bolsa de plástico
-	1 bastoncillo de algodón
-	1 vaso
-	Sal
-	Cuchara
-	Colador
Procedimiento:	
1.	Asegurarse que el alcohol y el agua están fríos (en la nevera).
2.	A continuación, vamos a hacer una solución llamada "solución de lisis" mezclando (evitar formar burbujas):
✓	Agua
✓	Jabón
✓	Dos pizcas de sal
-	Reservar la solución de lisis.
3.	Para romper el material vegetal, el plátano, vamos a triturarlo. Para ello, lo metemos en una bolsa de plástico y lo trituramos con ayuda de las manos durante 3-4 minutos.
4.	Mezclamos la mitad de esta solución con el contenido de la bolsa (el plátano triturado). Dejamos reposar 15 minutos (hasta que desaparezcan las burbujas).
5.	Pon un colador en un vaso y filtra el contenido de la bolsa de plástico.
6.	Añade muy despacio el alcohol frío por la pared del vaso. El alcohol formará una capa por encima del agua. El ADN se hará visible entre la capa de agua y la de alcohol.
7.	Extrae el ADN del plátano con ayuda de un bastoncillo.
8.	Toma una fotografía del ADN del plátano que has extraído.

10.6. Anexo VI. Actividad 3. ¿El ADN se toca?

Tras realizar la práctica “Extracción del ADN de plátano”, debes rellenar la siguiente tabla:

Tabla 10. Informe práctica "Extracción del ADN de plátano"

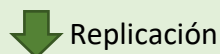
Informe práctica "Extracción del ADN de plátano"	
Inserta la foto que has realizado del ADN que has extraído	
1. Describe cómo es el aspecto del ADN extraído. Además, explica cuál ha sido el paso clave de la práctica, para poder obtener el ADN. Explica por qué.	
2. Tras haber pasado por el colador la mezcla con el plátano y la solución de lisis, ¿dónde queda el ADN, en la solución que queda en el vaso o en el colador? ¿Por qué has llegado a esa conclusión?	
3. ¿Qué función tiene el jabón? ¿Por qué piensas que el agua y el alcohol deben estar fríos? Para responder, consulta este artículo: https://www.academia.edu/40348166/Informe Gen%C3%A9tica - EXTRACCI%C3%93N CASERA DE %C3%81CIDOS NUCLEICOS VEGETALES - Unisucre	

10.7. Anexo VII. Actividad 4. Replicación del ADN
 Tabla 11. Actividad didáctica. La replicación del ADN.

Actividad didáctica. La replicación del ADN

1. Completa el siguiente ejercicio tomando las dos cadenas que aquí se muestran como molde:

ATCGATGCTTGGCCA
 TAGCTAGCAACCGGT



ATCGATGCTTGGCCA

+

TAGCTAGCAACCGGT

2. Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones. Si indicas que son falsas, escribe la respuesta correcta.

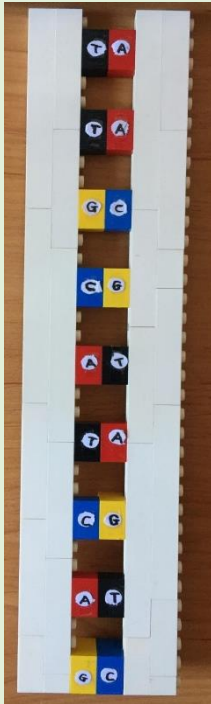
	V	F
- Tras la replicación se originan 4 cadenas de ADN con la mitad de la información que las cadenas originales.		
- La replicación de ADN ocurre cuando la célula está en división.		
- El origen de replicación es donde finaliza la replicación del ADN.		
- La agregación de nucleótidos siempre ocurre de manera correcta.		
- La replicación del ADN es semiconservativa porque se mantienen las dos cadenas originales como moldes para sintetizar las complementarias a estas.		
- Para poder replicarse el ADN, se deben romper los enlaces de hidrógeno que unen las bases nitrogenadas.		
- Las proteínas de reparación siempre detectan el fallo de la replicación.		

Escribe a continuación las frases correctas de las que habías considerado falsas.

Actividad 5. Creando mutaciones

EJERCICIO 1

A partir de la secuencia de ADN que se ha mostrado en el vídeo, así como en la siguiente imagen, elabora la siguiente actividad paso a paso:



1. Escribe las secuencias de ADN que observas en la imagen:
2. Secuencia que resulta tras la transcripción de una de esas cadenas:
3. Identifica y escribe los codones:
4. Escribe la secuencia de los tres aminoácidos que se originan en la traducción:
5. Crea tres mutaciones puntuales, escribiendo la secuencia que se origina:

a. Una sustitución.

Secuencia de ARN que se origina →

Secuencia de aminoácidos que se origina →

Explica el efecto que origina la mutación en la proteína →

b. Una inserción.

Secuencia de ARN que se origina →

Secuencia de aminoácidos que se origina →

Explica el efecto que origina la mutación en la proteína →

c. Una delección.

Secuencia de ARN que se origina →

Secuencia de aminoácidos que se origina →

Explica el efecto que origina la mutación en la proteína →

EJERCICIO 2

Escribe aleatoriamente una secuencia de 20 nucleótidos, teniendo en cuenta los codones de inicio y stop de la traducción. Dicha secuencia debe poseer mínimo 5 aminoácidos.

- Deduce la secuencia de ribonucleótidos del ARNm.
- Traduce a aminoácidos dicha secuencia con ayuda de la siguiente tabla:

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

- Propón otra secuencia de desoxirribonucleótidos que se traduzcan a los mismos aminoácidos.

EL CASO

La relación de la música con la ciencia desde siempre ha estado muy enlazada. Con este caso, se va a crear cierta incertidumbre en los alumnos a la hora de relacionar un audio que el instructor reproducirá al principio de las dos sesiones en las que está dividido este caso, con el estudio de la secuencia del ADN. Mediante una serie de actividades grupales e individuales junto con recursos tales como vídeos, páginas web e imágenes, el instructor transmitirá los conocimientos referentes a aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, transcripción, traducción y estudio de mutaciones a los alumnos. Al final del caso, se explicará la relación que poseen todos los conceptos dichos con la música, y su aplicación desde el punto de vista pedagógico. El instructor, en primer lugar, reproducirá un audio, en el cual se va a escuchar una pieza musical referente a la secuencia nucleotídica de una persona con el Síndrome X frágil, el instructor tan solo anunciará el título de la pieza musical "obra musical del Síndrome X frágil". De esta forma, se creará expectación y curiosidad en el alumnado. Enlazando con el título de la pieza musical, se va a proceder a estudiar el Síndrome X frágil.

Objetivos:

- Conocer, clasificar y saber la estructura de los aminoácidos y nucleótidos.
- Saber el concepto y tipos de mutaciones.
- Relacionar estructura-función proteica.
- Integrar los procesos de transcripción y traducción.
- Relacionar la aparición de mutaciones con variación en las propiedades y características de la secuencia de aminoácidos, y su repercusión en la función que lleven a cabo.

Palabras clave: aminoácido, proteína, nucleótido, ADN, ARN, mutación.

Adaptación libre de The sound of DNA: Musical Gene Expression por J.A. De Souza- Hart y J. DeMasi. School Of Arts and Sciences, Massachusetts College of Pharmacy and Health Sciences, Boston, MA

Tabla 13. Informe caso "La sinfonía del ADN"

"Informe del caso "Sinfonía del ADN"
¿Qué relación puede tener la música con la secuencia de ADN?, ¿música en el material genético?. Estas y otras preguntas relacionadas se la han planteado diferentes investigadores y músicos. La transcripción y traducción serán el eje principal sobre el que se desarrolla este caso junto con el origen y efectos que producen las mutaciones en el organismo, desde mutaciones puntuales a mutaciones cromosómicas. Concretamente, se estudiará el Síndrome X frágil, debido a que el nombre que presenta la pieza de música es "obra musical del Síndrome X frágil", lo que permitirá realizar una breve investigación sobre dicho Síndrome. Tras la asimilación de los conocimientos sobre transcripción, traducción y mutaciones, el alumno deberá ejecutar las siguientes preguntas. En este enlace se encuentra toda la información sobre dicho Síndrome: https://medlineplus.gov/fragilexsyndrome.html a) Construye tu hipótesis: ¿Qué crees que es el audio que habéis escuchado al inicio de la clase? b) ¿Qué es el Síndrome X frágil? . ¿Qué origina en el individuo que lo sufre? c) ¿Qué tipo de mutación causa este Síndrome? ¿Qué aminoácidos aparecen o desaparecen en esta enfermedad en comparación con la secuencia de aminoácidos silvestre? ¿Qué características tienen y cómo puede afectar a la estructura-función proteica? d) Investiga sobre el nombre otra enfermedad que se origine a causa de la mutación genética.

Tabla 14. Autoevaluación

AUTOEVALUACIÓN					
Indica del 1 (nada satisfecho/a) al 5 (muy satisfecho/a), respecto a la Unidad Didáctica que has recibido en estas 7 sesiones:					
	1	2	3	4	5
1. La planificación de las sesiones ha sido correcta.					
2. Las actividades que se han realizado, han hecho que aprenda nuevos conceptos que antes no sabía.					
3. Se han eliminado conceptos erróneos que tenía antes de haber llevado a cabo estas sesiones.					
4. El docente expone con claridad los contenidos					
5. El docente lleva a cabo una buena organización de las sesiones.					
6. El docente maneja los recursos digitales con soltura.					
7. El docente ha dado a conocer recursos y actividades diversas que han ayudado a consolidar los conocimientos.					
8. Se ha despertado en ti la curiosidad e interés por la ciencia tras estas sesiones.					
9. Te sientes motivado para abordar la asignatura después de estas sesiones.					
10. Después de realizar estas sesiones, has desarrollado un mejor trabajo autónomo.					
Escribe propuestas de mejora de esta Unidad Didáctica:					

10.12. Anexo XIII. Rúbricas de evaluación

Tabla 15. Rúbrica 1 para evaluar los informes y vídeos de prácticas

Rúbrica 1 para evaluar los informes y vídeos de prácticas (Anexos III y VI)					
Característica evaluable	1	2	3	4	5
Coherencia y expresión	La respuesta no se adecúa a la pregunta	La respuesta no se adecúa a la pregunta pero usa un sencillo vocabulario científico	La respuesta se adecúa medianamente a la pregunta usando un vocabulario científico con fallos	La respuesta se adecúa a la pregunta usando un vocabulario científico con fallos	La respuesta se adecúa a la pregunta usando un vocabulario científico perfecto
Fuente de información (artículos científicos)	No se ha basado en la información propuesta en ninguna cuestión	Se ha basado en la información propuesta pero banalmente	Se ha basado en la información propuesta en la mitad de las cuestiones	Se ha basado en la información propuesta en la mayoría de las cuestiones	Se ha basado en la información propuesta en todas las cuestiones
Ortografía	Comete más de 10 faltas de ortografía	Comete de 6-9 faltas de ortografía	Comete 3-5 faltas de ortografía	Come 1-2 faltas de ortografía	No comete faltas de ortografía
Videos de contenidos	Se expresa con dificultad y duda durante toda la explicación	No se expresa claramente, y duda durante las explicaciones	Se expresa con cierta claridad , pero duda en las explicaciones.	Se expresa con claridad , transmitiendo con ciertas dudas los contenidos y pasos de la práctica	Se expresa con total claridad , transmitiendo con seguridad los contenidos y pasos de la práctica
Plazo de entrega	Lo entrega con 4 o más días de retraso	Lo entrega con 3 días de retraso	Lo entrega con 2 días de retraso	Lo entrega con 1 día de retraso	Lo entrega en el plazo indicado

Tabla 16. Rúbrica 2. Evaluar las actividades propuestas

Rúbrica 2. Evaluar las actividades propuestas (<i>Anexos I*, IV y VII</i>)					
*Se refiere al Test de Ideas Previas final (Sesión 7)					
Característica evaluable	1	2	3	4	5
Coherencia y vocabulario en las respuestas	La respuesta no se adecúa a la pregunta	La respuesta no se adecúa a la pregunta pero usa un sencillo vocabulario científico	La respuesta se adecúa medianamente a la pregunta usando un vocabulario científico con fallos	La respuesta se adecúa a la pregunta usando un vocabulario científico con fallos	La respuesta se adecúa a la pregunta usando un vocabulario científico perfecto
Respuesta correcta	No hay respuestas correctas	La minoría de las respuestas son correctas	La mitad de las respuestas son correctas	La mayoría de las respuestas son correctas	Todas las respuestas son correctas
Ortografía	Comete más de 10 faltas de ortografía	Comete de 6-9 faltas de ortografía	Comete 3-5 faltas de ortografía	Come 1-2 faltas de ortografía	No comete faltas de ortografía
Entrega de ejercicios	No entrega ningún ejercicio	Entrega un mínimo de ejercicios hechos	Entrega la mitad de los ejercicios hechos	Entrega la mayoría de los ejercicios	Entrega todos los ejercicios hechos

Tabla 17. Rúbrica 3. Evaluar la participación y actitud de los alumnos durante las sesiones.

Rúbrica 3. Evaluar la participación y actitud de los alumnos durante las sesiones (videoconferencias)					
Característica evaluable	1	2	3	4	5
Participación	No participa durante las sesiones	Participa muy poco, a menos que el profesor insista	Participa solo cuando el profesor le pregunta	Participa de forma activa en algunas sesiones	Interviene de forma activa en la mayoría de las sesiones
Atención	No atiende en ninguna sesión	Atiende en pocas ocasiones	Atiende solo cuando el profesor se lo ordena	Atiende en la mayoría de las sesiones	Atiende en todas las sesiones
Turno de palabra y clima	No respeta el turno de palabra y fomenta un clima inapropiado	Respeta poco el turno de palabra y fomenta un clima inapropiado	Respeta a veces el turno de palabra, y no repercute en el clima de la sesión	Respeta mayoritariamente el turno de palabra y fomenta un clima apropiado	Respeta siempre el turno de palabra y fomenta un clima de participación
Puntualidad a las sesiones	Siempre llega a tarde a las sesiones	Llega tarde en la mayoría de las sesiones	Se retrasa a menudo	Es puntual en la mayoría de las sesiones	Siempre es puntual

10.13. Anexo XIV. Relación ejercicios para alumnos en recuperación.

- 1.- Resume las características fundamentales de la molécula de ADN.
- 2.- Se dice que la molécula de ADN es la molécula de la vida. ¿Sabrías explicar por qué?.
- 3.- ¿Cómo pueden conseguir los genes que una persona tenga un grupo sanguíneo concreto o los ojos de un determinado color? Describe el proceso.
- 4.- Dada la secuencia de ADN, obtén la cadena complementaria. Una vez que tengas las dos cadenas, ¿cómo conseguirías que el ADN se dividiese? ¿Cómo se llama el proceso? ¿Para qué sirve? AAATTCGGGCCCATATA
- 5.- ¿A qué tipos de agentes mutagénicos se puede ver sometida una persona para que se altere su ADN? ¿Hay otras causas que producen mutaciones? ¿Qué células han de estar afectadas para que la mutación se transmita a la descendencia?
- 6.- Explica qué es un organismo transgénico y señala al menos dos ventajas y dos inconvenientes de la creación de estos organismos.
- 7.- Todas nuestras células vivas contienen en su núcleo una copia completa de ADN. Sabemos que el ADN es el material hereditario. Entonces, ¿qué utilidad tiene que se encuentre en todas las células? ¿No bastaría con que estuviera en los óvulos y en los espermatozoides?
- 8.- Explica qué es y cómo ocurre la replicación del ADN, en qué momento del ciclo celular tiene lugar y por qué debe realizarse esta replicación.
- 9.- ¿Cuál es la principal manifestación de las mutaciones en una población de seres vivos?. Cita algún ejemplo referido a la especie humana.
- 10.- Investiga sobre las implicaciones sociales, a largo plazo, del conocimiento completo del proyecto Genoma Humano.
- 11.- Ordena cronológicamente los siguientes acontecimientos celulares:
 - A.- Las proteínas fabricadas intervienen en procesos celulares y controlan la manifestación de los caracteres.
 - B.- Los ribosomas están en el citoplasma e interpretan la información genética.
 - C.- El ADN está en el núcleo y contiene la información genética.

D.- Una vez interpretada la información genética, los aminoácidos se van uniendo en el orden establecido y se forman las proteínas.

E.- La información del núcleo tiene que ser copiada para salir al citoplasma, en donde se encuentran los ribosomas.

12.- Determina la diferencia entre transcripción y traducción. ¿Cuál es la localización intracelular de estos procesos?

13.- Tradicionalmente, las vacunas se obtenían a partir de virus muertos o atenuados. Hoy en día se están produciendo vacunas fabricadas por ingeniería genética. ¿Qué ventajas tiene su utilización?

14.- El tabaco aumenta significativamente la incidencia del cáncer de pulmón. Propón una explicación para este hecho.

15. Localiza qué mutaciones se han producido en los siguientes fragmentos de ADN.

- | | |
|-------------------|----------------|
| a.- AAATTCCGATAT | AAATCCGATAT |
| B.- CCGTTATTAAGCC | CCGTTAATTAAGCC |
| C.- TTACGATCGATCG | TTACGTTTCGATCG |

16.- ¿Cuáles son las unidades básicas de los ácidos nucleicos?

17.- ¿Qué tipos de ácidos nucleicos existen? ¿En qué lugar de la célula se localizan?

18.- ¿Por qué es necesario sintetizar proteínas?

19.- ¿Son iguales las dos cadenas que forman una molécula de ADN?

20.- Razona a qué ácido nucleico corresponde esta cadena: ACCGTGCTTA. A continuación escribe su cadena complementaria.

21.- Imagina que el siguiente fragmento de ADN codifica la síntesis de una proteína: TATCAGCGT. a.- ¿Qué secuencia de bases llevará el ARN al que se transfiere la información? B.- ¿Dónde se produce la traducción del mensaje?

10.14. Anexo XV. Actividad de profundización.

Existen diferentes tipos de enfermedades (infecciosas, degenerativas, alérgicas, tóxicas, etc.), pero algunas de ellas se transmiten de los padres y madres a sus descendientes. Estas son las denominadas **enfermedades genéticas hereditarias**.

Una enfermedad genética es una afección patológica causada por una alteración del genoma. Esta será hereditaria si el gen alterado está presente en los gametos (óvulos y espermatozoides) y por tanto pasará de generación en generación.

Así, analizando los cromosomas y los genes situados en los mismos los científicos pueden localizar la alteración genética en cuestión que produce estas enfermedades y descubrir su origen.

Siguiendo este planteamiento, el Proyecto Genoma Humano ha cartografiado e identificado la secuencia del genoma humano con el objetivo de realizar el estudio funcional de los más de 20 000 genes existentes y poder conocer, entre otras cosas, cuál es el fundamento de las **enfermedades genéticas hereditarias**.



Actividades

1. Busca información sobre el síndrome de Prader-Willi y el de Merrf y completa una ficha como la del ejemplo. Añade otra más sobre algún otro trastorno que quieras investigar.

Síndrome de Huntington	
Afectación genética	Repeticiones excesivas de un fragmento de ADN del cromosoma 4.
Cuadro clínico	Aparece en la etapa adulta (entre los 40 y los 50 años). Comportamientos antisociales, alucinaciones, irritabilidad, malhumor, inquietud, paranoia, psicosis, movimientos anormales e inusuales (movimientos faciales e incluso muecas, girar la cabeza para cambiar la posición de los ojos; espasmos rápidos y súbitos de los brazos, las piernas, la cara y otras partes del cuerpo, movimientos lentos e incontrolables, marcha inestable), etc.

Tratamiento	Es incurable, únicamente se pueden tratar los síntomas pero sin demasiados resultados.
Diagnóstico prenatal	Sí.
Enfermedad rara	Sí. Prevalencia: 1-9 por cada 100 000 personas.

- 2. Recopila los datos sobre lo que has escrito para explicar a tus compañeros el contenido de las fichas y responder a las posibles dudas que les surjan.**

10.15. Anexo XVI. Enlaces correspondientes al desarrollo de las sesiones.

Tabla 18. Enlaces correspondientes al desarrollo de las sesiones.

Enlaces correspondientes a los videos ejemplo del desarrollo de las sesiones	
Sesión	Enlace
1	https://drive.google.com/file/d/1ZKObXDDkUX-tuG5nSnuQGwTKQCMQ2m2U/view?usp=sharing
2	https://drive.google.com/file/d/1heBspXBVS2fToYoX_WRDkgGIW5h1qRsi/view?usp=sharing
3	https://drive.google.com/file/d/1DXSTrCv1Y1Y8TbMHC9Yr3t_COApNf0q4/view?usp=sharing
4	https://drive.google.com/file/d/1fi97IfIG_4cmB6edELzqrq8B_WVDm8NQ/view?usp=sharing
5	https://drive.google.com/file/d/1b6C8DPYA4y6vmFyu-leB4FK5rwR7OXop/view?usp=sharing