

**MÁSTER DE PROFESOR DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO,
FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE
IDIOMAS**

ESPECIALIDAD: BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA



Universidad de Valladolid

**BASES DE LA HERENCIA: PROPUESTA DIDÁCTICA
PARA ALUMNADO DE 4º DE LA ESO**

Autor: Alejandro Crespo Carazo

Tutor: Elena Bueno Martínez

Curso: 2020/2021

RESUMEN

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Máster es la realización de la unidad didáctica “Bases de la herencia” para ser aplicada en la asignatura de Biología y Geología correspondiente al curso de 4º de la ESO.

En dicha unidad se trabaja todos los conceptos básicos relacionados con la genética seguido de los experimentos y las leyes de Mendel, para su posterior aplicación en la resolución de problemas. También se tratan otros fenómenos o variantes de los principios de la genética mendeliana como la codominancia, la herencia intermedia o el alelismo múltiple. Además, se aborda la determinación del sexo y la herencia ligada al mismo para, por último, terminar con las mutaciones y las enfermedades genéticas importantes a día de hoy.

La aplicación de esta unidad didáctica tiene como base el modelo constructivista, de forma que las metodologías planteadas se adaptan a los perfiles del alumnado y buscan un aprendizaje activo y significativo. Además, fomenta la consecución de las competencias establecidas por el currículo y el interés por la rama de estudios científica. Todo ello, se logra por medio de una serie de actividades e instrumentos de evaluación que permiten que esta evaluación sea continua y formadora, lográndose así los objetivos del proceso enseñanza-aprendizaje establecidos.

Palabras clave: genes, Biología, unidad didáctica, herencia, genética, constructivismo, Mendel.

Índice

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- JUSTIFICACIÓN	2
3.- OBJETIVOS	3
4.- MARCO TEÓRICO.....	4
4.1.- Teoría constructivista	4
4.2.- El modelo constructivista aplicado a la enseñanza en las ciencias	5
4.3.- Las ideas previas y el cambio conceptual	7
4.4.- Estrategias y recursos innovadores en la enseñanza	8
5.- MARCO LEGISLATIVO.....	12
6.- DISEÑO Y DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	12
6.1.- Descripción de la unidad didáctica.....	12
6.2.- Contextualización.....	13
6.2.1.- La localidad.....	13
6.2.2.- El centro	14
6.2.3.- El aula y alumnado.....	15
6.3.- Recursos	16
6.3.1.- Recursos físicos del Centro.....	16
6.3.2.- Recursos materiales	16
6.4.- Objetivos	17
6.5.- Competencias clave.....	17
6.5.1.- Competencias básicas o generales:	18
6.5.2.- Competencias transversales o integradoras:	19
6.6.- Contenidos.....	19
6.6.1.- Contenidos previos.....	20
6.6.2.- Contenidos básicos.....	20
6.6.3.- Contenidos de ampliación.....	22
6.6.4.- Contenidos de refuerzo	22
6.7.- Metodología	23
6.8.- Actividades de enseñanza-aprendizaje y temporalización	27
6.8.1.- Sesión 1	29
6.8.2.- Sesión 2.....	29
6.8.3.- Sesión 3.....	31

6.8.4.- Sesión 4	32
6.8.5.- Sesión 5	33
6.8.6.- Sesión 6	35
6.8.7.- Sesión 7	36
6.8.8.- Sesión 8	37
6.8.9.- Sesión 9	38
6.8.10.- Sesión 10	39
6.8.11.- Sesión 11	40
6.8.12.- Sesión 12	41
6.9.- Atención a la diversidad	42
6.10.- Evaluación	43
6.10.1.- Instrumentos de evaluación	43
6.10.2.- Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje	46
6.10.3.- Criterios de calificación	46
6.10.3.- Evaluación del docente	48
7.- EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA	48
8.- CONCLUSIONES	49
9.- REFERENCIAS	51
10.- ANEXOS	56
10.1.- Anexo I: Prueba de evaluación inicial	56
10.2.- Anexo II: Visualización de vídeos	59
10.3.- Anexo III: Ejercicios de clase	60
10.4.- Anexo IV: Artículos de lectura para el debate	66
10.5.- Anexo V: Prueba de autoevaluación	67
10.6.- Anexo VI: Prueba de evaluación final	72

1.- INTRODUCCIÓN

La enseñanza y el proceso docente parte cuando el profesor comienza una planificación reflexiva de su actividad docente, desde los objetivos educativos, la estructura conceptual y los contenidos del tema que va a enseñar, hasta el contexto educativo, comprendiendo de este modo todo lo que debe ser aprendido por sus estudiantes (Shulman, 1987). La unidad didáctica es la unidad básica de programación que organiza los aprendizajes que han de desarrollarse, en un determinado período de tiempo, con la finalidad de garantizar una planificación científica y sistematizada de todo lo que se va a realizar en el aula (Estaire y Zanón, 1990). Siguiendo en línea con lo anterior, las investigaciones en la didáctica de las Ciencias, muestran que existen varias dificultades en los procesos de aprendizaje (Campanario y Moya, 1999), por lo que la planificación y el desarrollo de unidades didácticas son un elemento fundamental en la enseñanza de este ámbito y en la preparación del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el caso de la unidad didáctica seleccionada, Las bases de la herencia biológica, la enseñanza resulta básica para la alfabetización científica y tecnológica de los jóvenes como ciudadanos, ya que se ha convertido en una de las ramas de la Biología con mayor desarrollo y repercusión social; y son numerosos los contextos sociales en los que la Genética es la protagonista: clonación de animales, alimentos transgénicos, enfermedades,... (Íñiguez y Puigcerver, 2013). Existen tres motivos principales para desarrollar la comprensión acerca de este tema: utilitario (aplicación de conocimientos científicos para su uso), democrático (aplicación de los conocimientos para debatir en sociedad) y cultural (logro de la sociedad moderna) (Turney, 1995).

El documento que se expone a continuación muestra una unidad didáctica en relación a los contenidos que abordan las bases de la herencia, orientada a su impartición en la asignatura de Biología durante el cuarto curso de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). En este trabajo se defiende el uso de recursos y metodologías que favorezcan un aprendizaje significativo de los contenidos de una manera más efectiva comparado con el método tradicional.

2.- JUSTIFICACIÓN

Son varios los factores que hacen realmente importante realizar una mejora en la impartición de la unidad didáctica de “Bases de la herencia” en 4º ESO:

1. Como se ha mencionado anteriormente, en la actualidad la herencia biológica es un área de la Biología presente frecuentemente en los medios de comunicación y no está libre de controversia ética y social o de malas interpretaciones (Íñiguez, 2006). Por este motivo, es importante que los alumnos reciban y aprendan la información necesaria para evaluar la información que reciben continuamente y poder generar un juicio propio.
2. En 4º curso de la ESO es cuando se hace referencia por primera vez a las bases de la herencia y a la Genética por lo que los alumnos normalmente parten de cero o con ideas previas erróneas o incompletas que pueden actuar como lastre en su aprendizaje (Posada, 2000). Debido a esto, hay que asegurarse de que esas ideas se corrijan para asegurar un correcto aprendizaje ya que, incluso, algunos alumnos puede que no sigan cursando Biología en los siguientes cursos y esta será su única formación sobre estos contenidos o una oportunidad para generar interés hacia estos temas.
3. Esta unidad didáctica junto con la de genética es uno de los apartados de la Biología más difíciles de entender por el alumnado, con mayor dificultad conceptual, tal y como sostienen Johnstone y Mahmoud (1980) y que plantea mayores dificultades en el proceso formal de enseñanza-aprendizaje de la Biología (Abril, Mayoral y Muela, 2004), por lo que el docente ha de conocerlas y tenerlas en cuenta durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.
4. Además, el modelo tradicional de enseñanza de estos contenidos está basado en un proceso de transmisión de conocimientos en el que se emplean libros de texto que se ciñen a un currículo oficial con poco margen para proponer estrategias didácticas alternativas. Esto contribuye a que el estudiante no sea consciente de sus ideas y sea un receptor pasivo de información (Porlán y Martín, 2002). Sin embargo, la unidad didáctica ofrece gran cantidad de alternativas para que los alumnos se sientan más motivados y su aprendizaje sea más significativo y activo.

Seguramente debido a estas dificultades, durante mis prácticas en el IES Jorge Manrique pude observar en los cursos de 1º y 2º de Bachillerato que los alumnos seguían teniendo muchas dificultades para entender ciertos conceptos de esta unidad didáctica e,

incluso, en algunos casos, parecían no acordarse de nada de lo cursado anteriormente; lo que parece indicar un proceso erróneo de enseñanza-aprendizaje en 4º de la ESO que deriva en un esfuerzo de los estudiantes por memorizar para el examen y después olvidar. Sin embargo, también he de decir que vi en este tema un gran foco de implicación y de motivación por parte de los jóvenes, ya que muchos mostraban interés por empleos de la rama sanitaria donde conceptos como el ADN o el código genético tienen gran relevancia. Además, como ya se ha mencionado, se trata de contenidos muy presentes en el día a día que hacen el tema aún más atractivo para los jóvenes (medios de comunicación, películas, alimentación,...).

Estas razones evidencian que la enseñanza de las bases de la herencia requiere de un cambio en el planteamiento didáctico, evitando una mera transmisión de conocimientos ya elaborados y teniendo en cuenta las concepciones de los alumnos, haciéndolos partícipes también de este proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.- OBJETIVOS

En relación a lo expuesto anteriormente, el objetivo principal de este trabajo de fin de máster es el diseño de una unidad didáctica titulada “Bases de la herencia” que trabaje los contenidos relacionados con la herencia biológica en 4º ESO, fomentando el aprendizaje significativo de los estudiantes.

Este objetivo principal se logrará a través de los específicos:

- Buscar ideas previas acerca de este tema que suele tener el alumnado de este nivel para tratar de corregirlas.
- Implementar estrategias y recursos didácticos que contribuyan a conseguir un aprendizaje significativo del alumno a través del aprendizaje activo de una forma ordenada y equilibrada.
- Diseñar actividades y prácticas que favorezcan el protagonismo del alumno en su proceso de aprendizaje.
- Explorar medidas de atención a la diversidad y proponer adaptaciones de la presente unidad didáctica acorde con el contexto en el que se engloba la misma.
- Proporcionar todas las herramientas necesarias para que los estudiantes desarrollen las competencias clave que se abordan en la unidad.
- Analizar las limitaciones de la unidad didáctica propuesta.

4.- MARCO TEÓRICO

Una vez establecido el principal objetivo de este trabajo, a continuación se exponen los fundamentos teóricos que se han considerado del modelo constructivista para el diseño de esta unidad didáctica. Además, también aparece el análisis de diferentes metodologías que tienen como objetivo el aprendizaje activo con sus ventajas y desventajas. Todo esto, contextualizado en el marco de la enseñanza en las ciencias.

4.1.- Teoría constructivista

La base del constructivismo es que el aprendizaje humano se construye. Es decir, las personas elaboran nuevos conocimientos basándose en ideas o conocimientos previos que ya poseen de experiencias anteriores (Hernández Requena, 2008). Entre los diferentes enfoques constructivistas destacan los representados por las teorías de enseñanza de Piaget, Vygotsky y Ausubel (Carretero, 1997) que defienden la importancia de que las personas sean partícipes de su propio aprendizaje (Suárez, 2012).

- **Teoría Psicogenética de Piaget**

Esta teoría dice que cada sujeto tiene unas estructuras cognitivas previamente construidas que le permiten asimilar la llegada de los nuevos conocimientos. Dichas estructuras van cambiando con el paso del tiempo y la influencia del medio (Moreno y Waldegg, 1998), aumentando las capacidades cognitivas poco a poco hasta la edad adulta. Este desarrollo se divide en cuatro periodos (Duek, 2010): sensorio-motor (0-2 años), pre-operacional (2-7 años), operaciones concretas (7-12 años) y operaciones formales (a partir de 12 años).

- **Constructivismo social o Teoría sociocultural de Vygotsky**

Según esta teoría, sin negar la contribución genética, el ambiente, determinado por la sociedad, y la cultura donde se desarrolla el individuo, son los factores más importantes en la construcción del conocimiento. El aprendizaje se considera como un acto social más que individual (Carretero, 1997). Además, el autor expone la importancia del lenguaje en el aprendizaje, ya que el niño comienza a usar el lenguaje, no solo para comunicarse con el exterior, sino como medio para pensar (Vygotsky, 1984).

- **Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel**

Ausubel plantea el término de aprendizaje significativo frente al aprendizaje memorístico que se daba con el uso de la metodología tradicional. Este nuevo aprendizaje busca en quien aprende una actividad significativa, produciéndose una conexión entre el nuevo conocimiento y el que ya posee el alumno (Carretero, 1997), estableciendo vínculos intencionados (Ayuso y Banet, 2002). Para que se produzca un aprendizaje significativo tienen que cumplirse tres condiciones necesarias (Coll y Solé, 1989):

1. El contenido ha de ser coherente y resultar atractivo para el alumno.
2. El alumno debe tener los conocimientos previos necesarios para asimilar el nuevo conocimiento.
3. La actitud del alumno ha de ser positiva, debe querer aprender.

Es decir, las tres teorías tienen en común la idea de que no es posible un conocimiento objetivo de la realidad (Castellaro, 2011), sino que depende del individuo la construcción del conocimiento (Serrano y Pons, 2011). Por tanto, el modelo constructivista, basado en estas teorías, defiende que partiendo de las concepciones del alumno, el docente ha de conseguir que esas ideas evolucionen hacia un conocimiento científicamente más correcto (Driver y Oldham, 1986).

4.2.- El modelo constructivista aplicado a la enseñanza en las ciencias

Los principios metodológicos de la teoría constructivista aplicados a la práctica educativa en ciencias son (Carretero, 1997; Íñiguez y Puigcerver, 2013):

1. El alumnado tiene una labor activa en el proceso de enseñanza. Para ello el docente ha de crear un ambiente motivador que fomente el interés del alumno, relacionando la competencia científica con la vida cotidiana y la actualidad social (Torre y Vidal, 2017).
2. Partiendo del nivel de desarrollo del alumno, asegurar la construcción de un aprendizaje significativo. Se trabaja a partir de las ideas y conocimientos previos del alumno para establecer relaciones entre el nuevo conocimiento y los esquemas de conocimiento ya existentes.
3. Fomentar que los alumnos lleven a cabo aprendizajes significativos por sí solos. El docente debe promover la autonomía y la creatividad de los estudiantes así como el aprendizaje cooperativo. El alumno debe equivocarse para aprender.

4. Intentar que los alumnos modifiquen sus esquemas de conocimiento de forma ordenada y coherente.
5. Utilización diferentes tipos de recursos didácticos que favorezcan el aprendizaje y la motivación del alumnado como, por ejemplo, modelos tridimensionales de la molécula de ADN (Pashley, 1994).
6. Uso de planteamientos didácticos que trabajen aspectos actitudinales como, por ejemplo, asuntos relacionados con las aplicaciones de la biotecnología.

La secuencia didáctica en el modelo constructivista va desde lo más sencillo hasta lo más complejo y, a la hora de diseñar la unidad didáctica bajo este modelo, hay que tener en cuenta las investigaciones y recomendaciones de diferentes autores:

- Las unidades didácticas en ciencias deben considerar cuatro factores: análisis didáctico, análisis científico, estrategias didácticas seleccionadas y herramientas de evaluación (Campanario y Moya, 1999).
- Las unidades didácticas elaboradas bajo el enfoque constructivista deben contener actividades de iniciación para conocer las ideas previas del alumnado y crear un ambiente motivador que genere un conflicto cognitivo; actividades de desarrollo para trabajar los conocimientos científicos fomentando el debate y la discusión; y actividades de repaso para reforzar los aprendizajes y extraer conclusiones, por ejemplo, con el uso de mapas conceptuales (Gil y Martínez-Torregrosa, 1987; Sanmartí, 2000).
- Las actividades de carácter expositivo deberían organizarse en tres fases: presentación de la actividad y los objetivos, presentación del material de trabajo a los alumnos, y valoración y crítica de la actividad (Pozo, 1997).
- La evaluación, siguiendo la teoría del constructivismo, debe medir tanto los conocimientos adquiridos como la capacidad de aplicarlos, debe valorar el desarrollo de las distintas habilidades y competencias y debe fomentar la autoevaluación y la coevaluación como apoyo de la heteroevaluación (Sanmartí y Alimenti, 2004).

Por otro lado, actualmente no se debe olvidar otro factor muy importante en Ciencias y que debemos integrar en la enseñanza: las TIC (Tecnologías de la Información y el Conocimiento). El buen uso de estas herramientas bajo el enfoque didáctico constructivista permite elaborar contextos de apoyo que facilitan la integración y asimilación de

conocimientos y potencian el uso de otras metodologías activas como son los trabajos colaborativos o el aprendizaje basado en proyectos (Sánchez, 2002).

4.3.- Las ideas previas y el cambio conceptual

Una de las mayores críticas hacia el modelo constructivista está relacionada con el papel pasivo otorgado a las ideas previas de los alumnos (Pozo 1997). Numerosas investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias tienen como finalidad identificar estas ideas previas y desarrollar estrategias para trabajar con ellas en el aula. Entre los errores más frecuentes que encontramos en los alumnos están:

- Cada célula cuenta únicamente con la información necesaria para llevar a cabo su función (Íñiguez y Puigcerver, 2013).
- La información hereditaria sólo existe en las células sexuales (Banet y Ayuso, 2000).
- Errores en el entendimiento de conceptos genéticos básicos como el ADN o mutación (Caballero, 2008).
- Fallos a la hora de distinguir entre meiosis y mitosis (Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000).

En ocasiones, es muy difícil construir los nuevos conocimientos debido al gran arraigo que presentan algunas ideas previas erróneas en los alumnos, pero la labor del docente debe ser modificarlas (Banet, 2003). Es lo que se denomina cambio conceptual.

Este nuevo enfoque fue desarrollado por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) como estrategia para trabajar aquellas ideas previas de gran persistencia y pasa a ser de gran relevancia en el enfoque constructivista (Driver, 1987). Estos autores defendían la necesidad de un cambio conceptual para que se produzca el aprendizaje. Este proceso tiene dos fases:

1. Asimilación: el alumno emplea conceptos anteriores para abordar el aprendizaje.
2. Acomodación: las nuevas ideas sustituyen a las anteriores.

Para que tenga lugar este aprendizaje y transformación de conocimientos deben darse los siguientes factores:

- Debe existir una insatisfacción con las concepciones existentes o ideas previas.
- La alternativa debe ser comprensible, el alumno debe entender que el nuevo concepto puede relacionarse con experiencias anteriores.
- La alternativa debe ser plausible.

- El nuevo concepto debe dar mayores y mejores soluciones que la concepción anterior. Debe ofrecer nuevas posibilidades de exploración y resolver los conflictos creados por la idea previa.

Conseguir este cambio conceptual es labor del profesor y, para ello, la identificación de las ideas previas de sus alumnos es un paso clave. Pero no basta con esta identificación, sino que, además, es necesario tratar de invalidarlas por medio de estrategias como el conflicto cognitivo o contraejemplos para, posteriormente, explicar los nuevos conceptos que sustituyan a las ideas previas de los alumnos (Driver y Oldham, 1986).

Sin embargo, a pesar de que este proceso tiene una mucha importancia en la enseñanza de las ciencias, algunos autores han observado evidencias de la resistencia al cambio que ofrecen algunas ideas previas de los alumnos tras la utilización de contraejemplos o conflictos cognitivos (Campanario y Moya, 1999). Por esto, algunos autores adoptaron el término de cambio conceptual y metodológico, ya que el término cambio conceptual atiende solo a contenidos teóricos, y para alcanzar un aprendizaje de las ciencias eficaz, se debe enfocar esta estrategia de cambio conceptual no sólo al aprendizaje de conceptos, sino también a los procedimientos. El cambio metodológico consiste en proponer a los alumnos una enseñanza expositiva con la realización de actividades de carácter práctico, para diseñar experimentos, realizarlos y analizar los resultados. De esta forma los estudiantes serán partícipes de las experiencias pudiendo discutir y evaluar las diferentes alternativas (Campanario y Otero, 2000).

4.4.- Estrategias y recursos innovadores en la enseñanza

Se ha demostrado que existe una crisis educativa en la rama de Ciencias y, para solventarla, es necesario desarrollar nuevas estrategias docentes e innovadoras a la hora de tratar temas como el de genética y biología molecular (Pozo y Gómez, 2009). Siguiendo este pensamiento, se han desarrollado diferentes recursos, metodologías y estrategias innovadoras gracias a profesores que han apostado por actitudes investigadoras en sus aulas y han aportado o intentado aportar soluciones a estos problemas.

Por ejemplo, existen docentes que promueven el uso de personajes cercanos a los alumnos, como un superhéroe, para fomentar el interés en el contenido de la unidad didáctica (Codina, 2005); e, incluso, otros que han demostrado que el desarrollo de prácticas en el aula bajo el enfoque constructivista del que ya se ha hablado, hacen al alumnado protagonista del

proceso de enseñanza aprendizaje consiguiendo una mayor corrección científica (Íñiguez y Puigcerver, 2013).

A continuación se exponen algunas de las estrategias de aprendizaje innovadoras que se recomiendan emplear en la enseñanza para conseguir ese objetivo de un aprendizaje activo y significativo por parte de los estudiantes:

- **Gamificación**

Actualmente una estrategia que está en auge es la gamificación. Consiste en diseñar actividades o tareas utilizando un contexto de juego con fines pedagógicos y formativos y con el objetivo de motivar al alumno para que se sienta protagonista de su propio aprendizaje (Rodríguez y Avendaño, 2018). Para que este recurso sea eficaz en el aula hay que considerar una serie de componentes (Sueiro, 2015):

1. Establecer un objetivo compatible con el contenido que se quiere trabajar.
2. La actividad debe ser divertida para conseguir esa motivación en el alumnado.
3. El juego debe consistir en un reto específico que los jóvenes entiendan y puedan superar. Los niveles de dificultad deben ser equilibrados y acordes al grupo para evitar la frustración, pero también el aburrimiento. Un aspecto importante a tener en cuenta en este sentido son los aspectos cognitivos que resulten más importantes para el alumnado para lograr el aprendizaje efectivo (Posada, 2013).
4. Se deben establecer una serie de normas que permitan mantener el control del aula.
5. Debe existir un sistema de premios o recompensas para los ganadores que actúen de refuerzo para la motivación.
6. El profesor debe mantener un *feedback* continuo de la actividad para orientar correctamente a los alumnos y para hacer modificaciones si es necesario.
7. La tarea debe fomentar una competencia sana entre los alumnos, ya que esa rivalidad se considera positiva para que el juego funcione y se logre un aprendizaje.
8. También es recomendable que la tarea sea en grupo para mejorar la capacidad de trabajo en equipo.

La estrategia de emplear la gamificación para mejorar la motivación es un recurso muy potente debido a que en el individuo existe una predisposición psicológica hacia el juego (Posada, 2013). Pero además de fomentar el interés por los contenidos, esta herramienta

refuerza destrezas interpersonales e interculturales, el aprendizaje activo y competencias cognitivas y actitudinales (Escudeiro y Vaz de Carvalho, 2013).

Sin embargo, esta estrategia también cuenta con desventajas como todo el tiempo y el trabajo previo que requiere preparar este tipo de actividades. Sin tener en cuenta que, en ocasiones, la actitud del alumnado no es la esperada y pueden surgir sentimientos de frustración, competencia excesiva... (Escudeiro y Vaz de Carvalho, 2013).

- **Prácticas experimentales**

Algo muy característico en la enseñanza de las ciencias es la realización de prácticas de laboratorio que acercan al alumno a los contenidos trabajados en clase para alcanzar una mayor comprensión. De hecho, hay autores que consideran las prácticas la actividad más importante en la enseñanza de las ciencias, debido a que motivan al alumnado, permitiéndoles experimentar e interpretar los contenidos estudiados en clase para mejorar la asimilación de conceptos. También, se añade el hecho de ser una oportunidad de aprender metodologías y procedimientos típicos en el mundo de la Ciencia, así como el desarrollo de actitudes propias del trabajo experimental (Caamaño, 2003).

- **Aprendizaje basado en problemas**

Esta herramienta didáctica basada en la resolución de problemas utilizada de forma correcta es muy efectiva ya que facilita la comprensión e integración de los conocimientos teóricos por parte de los alumnos en ese proceso de construcción propio del enfoque constructivista. La idea es mostrar a los jóvenes la utilidad de esos contenidos que aprenden teóricamente, lo cual despierta en ellos una mayor motivación (Campanario y Moya, 1999).

Sin embargo, como con otros recursos hay que tener cuidado y guiar a los estudiantes para que estos problemas no supongan una excesiva dificultad y se frustren. Para ello, el docente debe asegurarse de que el problema se ajusta al nivel de los alumnos considerando sus capacidades matemáticas y de comprensión lectora y, sobre todo, teniendo en cuenta los conocimientos científicos necesarios para su resolución (Gil, Carrascosa, Furió y Martínez, 1991).

- **El debate y la exposición oral**

Como se ha mencionado antes, el alumno aprende poco a poco cuando cambia sus ideas y les añade nuevos elementos que permiten explicar mejor las experiencias (Campanario

y Otero, 2000). Confrontar sus ideas con nuevas experiencias y tratar de razonar sobre las opiniones que les dan otras personas crea en los alumnos esa confrontación cognitiva para conseguir el cambio conceptual (Driver y Oldham, 1986).

Por medio del debate y la exposición ante la clase se consigue una interacción con el medio social que permite desarrollar el hábito de reflexionar sobre la realidad y con ello los alumnos construyen poco a poco su conocimiento sobre ella. Esta interacción, tanto con el docente como con otros compañeros, sirve como instrumento para activar el pensamiento y argumentación del alumno, así como para el desarrollo de ciertas competencias como expresar sus ideas correctamente y saber escuchar. El desarrollo de estas habilidades es un aprendizaje más importante que el memorizar cierta información que la ciencia y la tecnología han elaborado (Candela, 2014).

El profesor debe mantener un diálogo continuo con los alumnos por medio de preguntas para que los alumnos expresen sus ideas y comenten sobre lo que piensan con sus compañeros acerca de los contenidos. Incluso, el docente puede propiciar la confrontación de puntos de vista distintos entre el alumnado y tratar de que lleguen a sus propias conclusiones.

- **Las Tecnologías de la Información y el Conocimiento (TIC)**

Como ya se ha mencionado antes, una estrategia que motiva y ayuda a la comprensión de los contenidos al alumnado es la utilización de las TIC. El uso de estas herramientas, además, no solo supone una ventaja a los alumnos sino que sirve de gran apoyo al docente durante sus explicaciones o a la hora de mostrar ciertas experiencias o simulaciones (Pontes, 2005). También permite una variedad mayor de actividades, juegos o trabajos.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que hay plataformas en las que el profesorado de forma sencilla sin necesitar un alto conocimiento de informática puede diseñar sus propios materiales multimedia (Pontes, 2005). Por ejemplo, con la plataforma *phpWebquest*, pueden crearse cazas del tesoro y webquest de forma sencilla.

De hecho, si algo hay bastante integrado ya en las aulas, es la importancia de estas tecnologías y la relevancia de enseñar a los jóvenes a hacer un buen uso de ellas. Por tanto, un punto clave es que los alumnos observen cómo los docentes también hacen uso de ellas y las integran en su docencia, ya que en internet hay diferentes recursos que pueden ser empleados en la enseñanza de ciencias y otras ramas.

5.- MARCO LEGISLATIVO

En el caso de la unidad didáctica escogida, a nivel legislativo se encuentra en el Bloque I: La evolución de la vida de la Programación de Biología y Geología de 4º de la ESO. A continuación se exponen los diferentes documentos legislativos de Educación vigentes que se han considerado para el diseño de esta unidad didáctica:

- A nivel estatal:
 - Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo de Educación (LOE), y la redacción modificada por la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa que tiene como objetivo que el aprendizaje vaya dirigido a formar personas autónomas, críticas y con pensamiento propio.
 - Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y del Bachillerato (BTO). BOE 3 de enero de 2015.
 - Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato.
- A nivel autonómico:
 - Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria de la Comunidad de Castilla y León. BOCYL, núm.86, de 8 de mayo de 2015.
 - ACUERDO 29/2017, de 15 de junio, de la Junta de Castilla y León, por el que se aprueba el II Plan de Atención a la Diversidad en la Educación de Castilla y León 2017-2022.

6.- DISEÑO Y DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

6.1.- Descripción de la unidad didáctica

La unidad didáctica que se describe en este documento se denomina “Bases de la herencia” y va a consistir en la profundización en el conocimiento de la herencia genética y la transmisión de los caracteres, sirviendo de base para comprender algunas nociones que se tratarán más adelante en la asignatura como la de evolución y la genética molecular. En

primer lugar, se introducen los conceptos básicos en genética (gen, alelo, fenotipo,...) para, posteriormente, explicar los principios de la genética clásica mendeliana que establecen las bases de la herencia. En ella, también se estudian las variaciones de las leyes de Mendel, así como la importancia de la herencia a día de hoy en la biotecnología y la ingeniería genética. Además, se introduce el concepto de mutación y enfermedad genética con algunos ejemplos importantes y que requieren visibilización en la sociedad actual.

Se trata de una unidad didáctica diseñada para su impartición en la asignatura de Biología y Geología correspondiente al cuarto curso de la ESO. En los tres anteriores cursos de la ESO los contenidos sobre genética y su herencia son mínimos, por lo que es en este curso donde los alumnos trabajarán estos temas con profundidad. Además, puede ser que para algunos de los estudiantes sea la última vez que traten estos conceptos, en función de si deciden seguir estudiando o del bachillerato que escojan. La unidad conforma el tercer tema del Bloque I: “La evolución de la vida”, tras haber repasado y profundizado un poco más en los conocimientos de los jóvenes acerca del material hereditario, los ácidos nucleicos y los tipos de división y reproducción celular.

6.2.- Contextualización

La unidad didáctica “Bases de la herencia” está diseñada para su impartición en la asignatura de Biología y Geología correspondiente al cuarto curso de la ESO en el Instituto de Educación Secundaria Jorge Manrique (Palencia).

6.2.1.- La localidad

Palencia es la capital de la provincia con una población de 78144 habitantes (Instituto Nacional de Estadística, 2020) fruto de la inmigración intraprovincial a la que se le añade una mínima cantidad de inmigrantes extranjeros. La mayor parte de los habitantes se dedican principalmente a la actividad económica del sector servicios, desarrollado en la propia ciudad y Valladolid capital (Instituto Nacional de Estadística, 2020-2021), lo que influye en el perfil socioeducativo de las familias y del potencial alumnado que recibe el Centro.

El I.E.S. Jorge Manrique está localizado en el centro de la ciudad de Palencia, en la Avenida República Argentina, que es una de las principales vías de la ciudad que se une a la calle Mayor Principal, núcleo de expansión del primitivo mapa urbano tras el derribo de la muralla en el siglo XIX. El edificio se sitúa junto al parque del Salón Isabel II, viviendas de tipo residencial, pequeños comercios y negocios de hostelería, y comparte área con otros dos

institutos; uno de red privada-concertada, el Colegio Maristas-Castilla, y otro de carácter público, el IES Alonso Berruguete. Su ubicación y su buena comunicación convierten al instituto en un referente para todos los habitantes de la ciudad, de forma que acoge a alumnos de diferentes barrios, así como a estudiantes de pueblos próximos como Magaz o Baltanás.

En lo que respecta al entorno natural, en la capital destaca la cantidad de parques y zonas verdes con las que cuenta así como los espacios naturales cercanos dentro de la provincia con rica vida vegetal y animal.

6.2.2.- El centro

En lo que respecta al propio centro de estudio, el Instituto de Educación Secundaria Jorge Manrique de Palencia, también conocido con el nombre de “Instituto Viejo” o “el Viejo”, es un instituto de titularidad pública, dependiente de la Junta de Castilla y León. Fue diseñado por Jerónimo Arroyo e inaugurado en 1915 (el instituto se fundó en 1845 y antes estaba emplazado en otro lugar de Palencia).

El centro se divide en dos grandes bloques, por un lado está la portada histórica del instituto que da paso al edificio principal (1908-1915) que tiene forma casi cuadrada, con un patio interno abierto y cuenta con 3 pisos. En los dos primeros pisos se encuentran las aulas, laboratorios, algunos departamentos, el paraninfo, la sala de profesores, el área de dirección, la jefatura de estudios, la secretaría y la conserjería principal; mientras que en el superior, están el resto de los departamentos, los seminarios, la biblioteca, el museo de Jerónimo Arroyo y el museo de Ciencias Naturales. Por otro lado, adosado a uno de sus lados, lindero con la calle Rocamador, está otro edificio de tres alturas, de forma rectangular construido en los años sesenta del siglo XX y conocido con el nombre de “Delegada” o “Parte Nueva”. En ella se encuentran aulas generales (para la ESO, diversificación o convivencia), específicas (música y tecnología) y un gimnasio. Enmarcado entre ambos edificios, hay una gran superficie con pistas deportivas (fútbol, baloncesto y frontón), un amplio y moderno gimnasio que sustituye el inicial jardín botánico que pensaron los arquitectos Arroyo y Gallego y un aula de formación profesional de grado medio.

Respecto al funcionamiento, el centro inicia su actividad lectiva de turno diurno a las ocho y veinticinco. El horario se reparte en seis clases de cincuenta minutos. Las tres primeras desde el inicio hasta el recreo a las once y cinco, con cinco minutos entre cada una para el acomodamiento del alumnado a otras aulas y para el movimiento del profesorado. El recreo

finaliza a las once y media, cuando se retoma la actividad lectiva con cinco minutos entre clases hasta las dos y diez.

Cada grupo tiene un aula de referencia donde desarrollan la mayoría de las asignaturas, exceptuando aquellas que demandan otras condiciones, como, por ejemplo, Educación Física; por lo tanto, es el profesorado el que va y viene de un aula a otra.

Su oferta educativa se caracteriza por presentar un programa de ESO en régimen presencial durante el horario diurno (añadiendo un programa de PMARE en tercero de la ESO para adaptarse a la LOMCE, además de establecer un sistema bilingüe para los cuatros cursos), un programa de Educación Secundaria para Personas Adultas (ESPAD), un programa de bachillerato de Letras (Humanidades y Ciencias Sociales) y de Ciencias, un programa de Bachillerato Internacional, un ciclo formativo de Grado Medio de Atención a Personas Dependientes, y un ciclo formativo de Grado Superior de Educación infantil (presencial y a distancia).

6.2.3.- El aula y alumnado

Los alumnos del centro se pueden considerar en su mayoría sociedad de clase media-alta y el promedio de los alumnos por clase es de 25 personas.

El grupo de 4º de la ESO para el cual está diseñada la presente unidad didáctica cuenta con un total de 24 alumnos, todos residentes en la ciudad a excepción de cuatro alumnos procedentes de pueblos cercanos a la misma y que muestra una reducida diversidad. Se trata de un grupo de jóvenes de muy buen comportamiento, con amplio interés por aprender la Biología, seguir las clases y obtener buenos resultados académicos. El clima del aula es muy bueno ya que existen excelentes relaciones entre los estudiantes, tanto en el aspecto académico, como social. Presentan una alta participación en clase y no muestran temor a hablar ante los compañeros, aunque este gusto por hablar, en ocasiones, conlleva la necesidad de interrumpir la sesión para mandarlos callar.

Casi todos los alumnos presentan un perfil similar de adolescente (14-16 años) y sin graves dificultades para el estudio. Hay que destacar la presencia de un alumno deportista de alto rendimiento implicado con el deporte de manera profesional, lo que le hace tener menos tiempo para dedicar al estudio e, incluso, faltar a algunas clases, haciendo que no llegue en ocasiones a los mínimos exigidos por la asignatura. Sin embargo, el estudiante muestra interés por no perderse pidiendo material al docente o apuntes a sus compañeros. También es

relevante la presencia de un alumno con altas capacidades intelectuales comparado con el resto de compañeros. Ambos casos han sido tenidos en consideración para el diseño de esta unidad didáctica y la adaptación al proceso de enseñanza-aprendizaje correspondiente a dichos alumnos se expone más adelante en el apartado de *Atención a la diversidad*.

6.3.- Recursos

Los recursos que se van a utilizar durante las sesiones que dura esta unidad didáctica están pensados para facilitar la dinámica de aula, para atender a la diversidad, para trabajar las competencias, para completar, ampliar o profundizar en los contenidos del curso y para evaluar. Dichos recursos se dividen en:

6.3.1.- Recursos físicos del Centro

Dentro de este grupo entran todos los espacios físicos del instituto de los que haremos uso en algunas de las sesiones:

- Aula de clase habitual asignado a la clase de 4º de la ESO.
- Aula de informática.

6.3.2.- Recursos materiales

Dentro de este grupo entran todos aquellos objetos o instrumentos de los que hagamos uso en algunas de las sesiones:

- Presentaciones en PowerPoint y mapas conceptuales.
- Proyector y pantalla de proyección.
- Ordenador.
- Pizarra.
- Libro de texto → el libro de Biología y Geología de 4º de la ESO de la editorial Anaya, edición Aprender es crecer en conexión.
- Dispositivo móvil.
- Rúbrica de evaluación de la actividad.
- Vídeos.
- Páginas web y aplicaciones.
- Actividades para el aula.
- Actividades de refuerzo y ampliación.
- Cariotipo en papel.

6.4.- Objetivos

En Educación Secundaria Obligatoria, la materia de Biología y Geología debe contribuir a que el alumnado adquiriera unos conocimientos y destrezas básicas que le permitan adquirir una alfabetización científica que haga posible su familiarización con la naturaleza y las ideas básicas de la ciencia, y que ayude a la comprensión de los problemas a cuya solución puede contribuir el desarrollo científico y tecnológico (Orden EDU/362/2015, 2015).

Si hablamos de esta unidad, los objetivos didácticos son más concretos y a su vez nos permitirán establecer los criterios de evaluación. Los principales objetivos de esta unidad didáctica son:

- Conocer los conceptos básicos de genética y saber discernir entre caracteres, genes y alelos.
- Diferenciar las ideas de genotipo y fenotipo.
- Identificar genotipos homocigóticos y genotipos heterocigóticos.
- Estudiar los experimentos de Mendel y comprender su importancia, así como saber describir y aplicar sus leyes para la resolución de problemas sencillos.
- Comprender las variaciones de la herencia mendeliana relacionadas con la herencia intermedia, dominancia, codominancia y alelismo múltiple.
- Distinguir entre ligamiento cromosómico y recombinación genética.
- Saber describir cómo se produce la herencia del sexo genético.
- Explicar los factores que determinan la herencia ligada al sexo.
- Definir qué es una mutación, sus tipos y las consecuencias para la salud.

6.5.- Competencias clave

La competencia supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz. Las orientaciones de la Unión Europea insisten en la necesidad de la adquisición de las competencias clave por parte de la ciudadanía como condición indispensable para lograr que los individuos alcancen un pleno desarrollo personal, social y profesional que se ajuste a las demandas de un mundo globalizado y haga posible el desarrollo económico, vinculado al conocimiento (Orden ECD/65/2015, 2015). Es decir, estas competencias no solo son útiles para el ambiente escolar, sino que también en el día a día de nuestra sociedad.

Esta unidad didáctica contribuye al desarrollo de las competencias del currículo, necesarias para la realización y desarrollo personal y para el desempeño de una ciudadanía activa. Las competencias se trabajan de manera variada a lo largo de las sesiones con distintas actividades o cuestiones. En este caso, las competencias que se van a trabajar son:

6.5.1.- Competencias básicas o generales:

a) La competencia en comunicación lingüística (CLL).

Se pide la realización de tareas que implican la búsqueda, recopilación, comprensión y procesamiento de información y contenidos para su posterior redacción y exposición, utilizando el vocabulario científico adecuado. También se exige a los alumnos que sean capaces de definir y relacionar diferentes conceptos integrados en la unidad. Además, se fomenta la comunicación en clase para que los alumnos puedan intervenir y responder de forma oral o escrita a las preguntas del docente.

b) La competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT).

Es la principal competencia a desarrollar en esta unidad. Se trabajan los cálculos y la capacidad de comprender los resultados obtenidos a la hora de resolver problemas sencillos de genética. También se contribuye al desarrollo de un pensamiento científico y de la capacidad de plantear y contrastar hipótesis. Además, se estudian los conceptos y principios básicos de la genética (leyes de Mendel, mutaciones,...) que son los cimientos de la ciencia actual y permite el entendimiento de muchos de los temas de actualidad.

c) La competencia digital (CD).

Implica el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) de manera crítica y segura, identificando los riesgos potenciales existentes en la red. En el aula de informática se desarrollan destrezas relacionadas con la capacidad de diferenciar fuentes fiables de información y bases de datos, asumiendo así una actitud crítica y realista frente al mundo digital. También les permite conocer las principales aplicaciones utilizadas para la elaboración de las tareas y diferentes herramientas del paquete office.

6.5.2.- Competencias transversales o integradoras:

a) **La competencia aprender a aprender (CAA).**

El carácter motivador de la unidad permite, a través de la resolución de problemas y la relación de los contenidos con la actualidad, despertar la curiosidad del alumnado por la ciencia y aprender a partir de los errores, siendo conscientes de lo que saben y lo que no mediante un proceso reflexivo. Para ello, es fundamental evaluar el nivel competencial inicial para poder adquirir y aplicar de manera correcta nuevos conocimientos en diferentes contextos.

b) **La competencia social y cívica (CSC).**

En el desarrollo de las sesiones se fomenta la adquisición de valores como el respeto, la tolerancia y la empatía y se favorece el pensamiento crítico mediante el debate como herramienta de diálogo.

c) **Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE).**

La realización de un trabajo de investigación que implica la búsqueda y selección de información permite trabajar las capacidades de planificación, organización y decisión. A su vez, el trabajo en clase individual estimula al alumnado en valores como la autoestima y liderazgo adquiriendo así el sentido de la responsabilidad. Además, pueden ser los propios alumnos quienes interrumpan la clase proponiendo cuestiones o ideas acordes con el contenido impartido de manera que no sea el docente quien está todo el rato preguntando.

d) **Conciencia y expresiones culturales (CEC).**

Los contenidos de la unidad se relacionan en algunos apartados con temas de actualidad en nuestra sociedad, por lo que permiten conocer el entorno en que vivimos y los problemas a los que se ve sometido.

6.6.- Contenidos

El 4º curso de la ESO es el final de la etapa educativa obligatoria, en la cual los jóvenes deben haber adquirido ya los conocimientos incluidos en el currículo básico y las estrategias del método científico (Real Decreto 1105/2014, 2014).

Los contenidos trabajados en esta unidad didáctica pueden ser de 4 tipos distintos: Contenidos previos, contenidos básicos, contenidos de ampliación y contenidos de refuerzo.

6.6.1.- Contenidos previos

Son todos aquellos conocimientos previos necesarios que el alumnado debe saber para trabajar la temática que se va a explicar posteriormente. En este caso, como ya se ha mencionado, se trata de conceptos en su mayoría nuevos por lo que lo más probable es que los alumnos tengan unas ideas previas erróneas que deben ser tenidas en cuenta antes de comenzar a explicar contenidos más complejos. Para trabajar esas ideas previas es necesario un trabajo inicial de repaso y puesta en común de conceptos básicos para evitar que los estudiantes construyan su nuevo aprendizaje sobre conocimientos erróneos.

Sin tener en cuenta esas ideas previas erróneas, los contenidos previos necesarios para la impartición de la unidad didáctica “Bases de la herencia” en alumnos de 4º de la ESO se corresponden con conceptos trabajados en las dos unidades didácticas previas, relacionados con las células, el ciclo celular, los cromosomas y su estructura, la mitosis y la meiosis y el material hereditario (ADN y ARN). También es necesaria saber resolver ciertos cálculos matemáticos sencillos como son las reglas de tres o las cuentas con fracciones para no tener problema posteriormente en la resolución de problemas de genética de la unidad. Es esencial una correcta comprensión de todos estos conocimientos para conseguir un aprendizaje significativo de la temática de esta unidad.

6.6.2.- Contenidos básicos

Son los contenidos mínimos que los alumnos deben asimilar para facilitar el buen transcurso de la asignatura de acuerdo al currículo. A su vez, dentro de los contenidos básicos, se encuentran contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

- Contenidos conceptuales

Se relacionan con los conocimientos teóricos propios de la unidad didáctica, los cuales son marcados por la legislación vigente. La ORDEN EDU/362/2015, en la que se establece el currículo correspondiente a la ESO, incluye un bloque entero de contenidos dedicado a la genética y la evolución. Según dicho bloque se establecen las distintas unidades didácticas correspondiéndose la tercera de ellas a la unidad que se describe en este documento: “Bases de la herencia”.

De esta forma, los contenidos conceptuales a enseñar en esta unidad didáctica se corresponden con:

- Los caracteres, los genes y los alelos:
 - Homocigosis y heterocigosis.
 - Dominancia y recesividad.
 - Genotipo y fenotipo.
- Los experimentos de Mendel.
- Las leyes de Mendel.
- Variaciones de la herencia mendeliana:
 - Herencia intermedia.
 - Codominancia.
 - Alelismo múltiple
- Ligamiento entre genes y recombinación genética.
- La herencia del sexo.
- La herencia ligada al sexo:
 - Los cromosomas sexuales humanos.
 - El daltonismo y la hemofilia.
- Las alteraciones genéticas. Las mutaciones y las enfermedades genéticas.

- **Contenidos procedimentales**

Hacen referencia al conjunto de habilidades o destrezas que deben desarrollar los estudiantes al trabajar la materia dentro y fuera del aula.

Por tanto, los contenidos procedimentales planteados para la presente unidad didáctica se corresponden con:

- Relación de conceptos previos sobre la meiosis con los procesos de herencia genética.
- Conocimiento del procedimiento de los experimentos de Mendel.
- Selección y visualización de videos y animaciones para obtener información y lograr un mejor aprendizaje.
- Debate y argumentación acerca de temas controvertidos como los beneficios y perjuicios de las mutaciones o la ingeniería genética.

- Conocimiento y uso responsable de las TIC durante la práctica en el aula de informática.
- Relación de conceptos trabajados en la resolución actividades teóricas.
- Resolución de problemas de herencia genética aplicando las leyes mendelianas y sus variaciones.
- Realización de un trabajo mediante documentación bibliográfica seguida de exposición de conclusiones.
- Trabajo cooperativo e individual en tareas prácticas y teóricas.

- **Contenidos actitudinales**

Representan las actitudes y los valores que deben aprender los alumnos de forma transversal a los conocimientos teóricos durante la unidad didáctica.

Por ello, los contenidos actitudinales que se deben trabajar con la impartición de la presente unidad son:

- Valoración de la importancia de los experimentos de Mendel como procesos clave para entender la herencia genética como se entiende hoy día.
- Apreciación del carácter beneficioso y perjudicial de las alteraciones genéticas.
- Reconocimiento del alcance de los hábitos personales y de las condiciones ambientales como factores causantes de mutaciones.

6.6.3.- Contenidos de ampliación

Se corresponden con aquellos contenidos que exigen más de lo establecido en el currículo oficial. Tienen la finalidad de adaptar las clases a aquellos alumnos aventajados académicamente respecto al resto de sus compañeros.

6.6.4.- Contenidos de refuerzo

Son los contenidos que permiten reforzar los contenidos mínimos exigidos en el currículo oficial. Tienen el objetivo de ayudar a los alumnos con un rendimiento académico menor al resto del grupo, facilitándoles el asimilar los contenidos básicos trabajados en la unidad. También pueden usarse a modo de repaso para asegurar que todos los estudiantes comprenden correctamente los conceptos tratados.

6.7.- Metodología

La asignatura de Biología y Geología en la ESO debe ayudar al desarrollo y adquisición de las competencias y de los objetivos generales establecidos para esta etapa, facilitando la comprensión del mundo físico, los seres vivos y las relaciones entre ambos.

Para ello, en esta unidad, al igual que en el resto de unidades didácticas, el profesor debe tener un papel de orientador y promover el desarrollo de competencias en el alumnado y para ello debe plantear tareas o situaciones-problema de la vida cotidiana, con un objetivo concreto, en el que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos, destrezas, actitudes y valores adquiridos y conseguir así fomentar su interés por la ciencia.

Específicamente, la finalidad de la unidad didáctica expuesta en este documento es lograr que los jóvenes consigan un aprendizaje significativo y activo de la genética y su herencia. Para ello, es necesario emplear una metodología diferente que acabe con el modelo tradicional utilizado a día de hoy por la mayoría de profesores en sus clases. Como ya se ha explicado anteriormente, esta metodología tiene su principal influencia en el modelo constructivista que busca que los estudiantes, a través de un aprendizaje activo, construyan sus nuevos conocimientos estableciendo conexiones entre los nuevos conceptos y los que ya poseían previamente (Hernández, 2008). De esta forma, no solo se trabajarán los contenidos teóricos, sino también los procedimentales y actitudinales de los que se ha hablado en el apartado anterior. La metodología que se va a emplear a lo largo de esta unidad sigue los siguientes principios:

- **Motivación:** a los alumnos hay que atraerles con contenidos, métodos y propuestas que estimulan su curiosidad y aumentan sus ganas de aprender.
- **Interacción omnidireccional en el espacio-aula:** todos los presentes en el aula deben sentirse partícipes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y por ello debe haber comunicación entre todos:
 - o Profesor-alumno: el docente debe establecer un diálogo continuo con el alumno, consiguiendo que relacione los nuevos conceptos con conocimientos previos, y permitiendo su aprendizaje significativo mediante una conversación permanente y enriquecedora.
 - o Alumno-alumno: el trabajo colaborativo, la puesta en común de ideas y la interacción “entre iguales” son medios de aprendizaje, e introducen una

dinámica social y cooperativa positiva tanto para el aula como para la vida en sociedad.

- Alumno consigo mismo: se debe fomentar que el alumno sea capaz de reflexionar sobre su propio aprendizaje. El alumno debe ser consciente de su papel y adoptar un rol activo. Realizando y corrigiendo las actividades en clase individualmente el alumno puede ser capaz de saber por sí mismo si ha alcanzado los conocimientos y destrezas adecuadas o no.
- **Equilibrio entre conocimientos y procedimientos**: para asentar los conocimientos adquiridos es necesario practicarlos; y para adquirir las destrezas deben asimilarse unos conocimientos de base que permiten dar sentido a la acción que se lleva a cabo. En la metodología empleada en esta unidad existe un trabajo de los conocimientos teóricos de la herencia genética y de los conocimientos práctico como el uso de distintas herramientas de apoyo o la resolución de problemas.
- **Aprendizaje activo y colaborativo**: la asimilación y aplicación de conocimientos en contextos reales es una buena manera de estimular la participación e implicación de todos los alumnos en su propio aprendizaje. Como la metodología es activa se apoya en estrategias de aprendizaje cooperativo, de forma que, a través de la corrección conjunta de los ejercicios, los miembros del grupo conozcan los métodos o caminos utilizados por sus compañeros y puedan aplicarlos a situaciones similares.
- **Importancia de la investigación**: como respuesta a las nuevas necesidades pedagógicas, en donde tienen mucha importancia la capacidad de investigación de los estudiantes, se incluye una tarea sencilla de indagación o investigación.
- **Integración de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje**: se incorpora lo digital, ya que no se puede obviar tanto por su potencial motivacional en el alumnado como por su potencial didáctico. Así, se contempla la realización de actividades interactivas con diferentes aplicaciones así como trabajo en el aula de informática.
- **Atención a la diversidad**: la clave es fomentar la inclusión de todos en el aula empleando diferentes estrategias evaluadas y seleccionadas para adaptarse a la diversidad de la clase. Esto permite garantizar el avance seguro y con éxito, buscando en la medida de lo posible una atención individualizada y educación inclusiva para todos. De esta forma, se puede llegar a conseguir el máximo desarrollo intelectual posible de todos los alumnos.

Para lograr seguir todos estos principios, a lo largo de la unidad didáctica, se emplea una variedad diversa de estrategias metodológicas ya comentadas en profundidad en un apartado anterior ([4.4.- Estrategias y recursos innovadores de la enseñanza](#)) que, además, permite trabajar diferentes competencias del currículo al mismo tiempo para alcanzar un aprendizaje completo e integrado. Dichas estrategias son:

a) **Gamificación y evaluación de ideas previas**

A lo largo del presente documento se ha dado una especial importancia a las ideas y a los conocimientos previos. Este análisis permite establecer un nivel inicial igual para todo el grupo y asegurar una correcta construcción del aprendizaje. Además, es una ayuda para el profesor ya que le marca el punto de partida del alumnado y facilita el proceso de enseñanza haciendo hincapié en aquellos aspectos que parecen confundir más a los estudiantes.

La prueba se realizará a través de la aplicación *Kahoot!* (<https://kahoot.com>), de manera que, a la vez que el profesor obtiene la información necesaria de los alumnos, estos perciben la prueba como “un juego”. Este uso de la gamificación hace que los jóvenes se impliquen en su realización y contesten, sin temor a equivocarse, de la forma más acertada posible. Además, al tratarse de una aplicación digital que permite ver sus aciertos en directo y proporciona una clasificación en base a esos aciertos, da lugar a una competencia positiva entre los jóvenes que les hace prestar mayor atención y les motiva.

b) **Lecciones magistrales participativas**

Durante toda la unidad se emplearán las lecciones magistrales para que el profesor trate de impartir los conocimientos teóricos básicos que posteriormente permitan llevar a cabo actividades más prácticas. Estas lecciones se impartirán con el apoyo de un PowerPoint de manera que los jóvenes puedan visualizar mejor los aspectos que se trabajan y puedan comprenderlos más fácilmente con la posibilidad de intervenir para plantear cuestiones o ideas en cualquier momento. Todas las presentaciones digitales se encontrarán a disposición del alumnado a través de la plataforma *moodle* que existe en el centro antes de comenzar la unidad didáctica, de forma que el alumnado pueda apoyarse en ellas para tomar apuntes si desean.

Además, durante la explicación, el profesor planteará diferentes tipos de preguntas a las cuales los estudiantes responderán voluntariamente. El docente no debe decir que una respuesta es errónea, sino que debe pedir la aportación de otras ideas hasta llegar a la

conclusión que se quiere, evitando así frustrar al alumnado. También se contempla que el profesor en su papel de motivar y orientador pueda hacer preguntas dirigidas a aquellas personas que no muestran una actitud participativa o que se encuentran despistadas, siempre buscando preguntas sencillas, para que el estudiante sepa la solución y de esta forma se motive y participe más en el futuro.

c) Visualización de vídeos

Con el objetivo de variar el estilo de explicación y hacerla más entretenida y captar o mantener la atención de los estudiantes y motivarles por la temática, se plantea la proyección de vídeos como apoyo en las clases magistrales. Tras los cuales el educador formulará una serie de cuestiones para que los alumnos aporten sus ideas acerca del vídeo y su conexión con los contenidos trabajados.

d) Trabajos cooperativos de investigación y la exposición oral

Al final de la unidad, en relación con la temática de las enfermedades genéticas y aprovechando el aula informática, el docente propondrá a los alumnos elaborar un trabajo de investigación sencillo por grupos. Los alumnos deben establecerse en grupos de 5 personas (uno será de 4 puesto que hay 24 alumnos) y a cada grupo se le propondrá una enfermedad sobre la que indagar para, sin profundizar mucho, conocer las principales causas y síntomas que las caracterizan. El educador facilitará páginas web y bases de datos fiables donde los alumnos pueden llevar a cabo sus investigaciones.

En una sesión posterior, cada grupo deberá exponer las conclusiones derivadas de su investigación a toda la clase durante 5 o 10 minutos. De esta manera, el docente observará que sus alumnos han comprendido de verdad lo trabajado.

e) Desarrollo individual de ejercicios y tareas

Con el fin de que los alumnos trabajen los contenidos impartidos y siguiendo la estrategia de aprendizaje basado en problemas, se propone la realización y entrega individual de distintas actividades y tareas. Principalmente, se tratarán de problemas de genética para asegurar que los estudiantes comprenden correctamente contenidos como las leyes de Mendel o la herencia ligada al sexo.

f) Debate

También, en una de las sesiones finales de la unidad, se ha planteado realizar un debate hablando de la importancia de las mutaciones para la vida, si son beneficiosas o no; y añadiendo la temática de la ingeniería genética. La idea es que los alumnos, una vez trabajados todos los contenidos, investiguen un poco por su cuenta y expongan ante los demás la información encontrada, argumentando sus opiniones. El profesor tendrá el papel de moderador, proporcionando algunos artículos interesantes sobre la temática e introduciendo preguntas que aviven el debate en el caso de que sea poco participativo, y deberá asegurarse de que todas las informaciones aportadas por los jóvenes son válidas. Este debate permitirá al alumnado relacionar los conceptos estudiados con problemas y situaciones de actualidad de forma que pueden encontrar la utilidad de lo que se estudia en el aula. Al final del debate se realizará un análisis de las ideas surgidas para, así, llegar a las conclusiones que han obtenido los propios alumnos con su trabajo y que sean conscientes ellos mismos de su capacidad de aprendizaje.

Además, toda esa capacidad argumentativa no solo se reduce al debate, sino que durante la corrección de las actividades o en la exposición de trabajos son los propios estudiantes los que deben aportar ideas y/o soluciones y debatirlas entre ellos para ponerse de acuerdo.

g) Actividad de autoevaluación

Una vez finalizada la unidad didáctica, el profesor subirá al *moodle* de la asignatura preguntas de autoevaluación similares a las que pueden salir posteriormente en el examen de la unidad y otro documento con las soluciones. De esta manera, los alumnos pueden comprobar sus conocimientos y autocorregirse los ejercicios, sirviéndoles de preparación y repaso para la prueba. Se trata de una actividad optativa que sirve de guía a los alumnos y facilita posteriormente obtener buenos resultados en la evaluación de contenidos.

6.8.- Actividades de enseñanza-aprendizaje y temporalización

Teniendo en cuenta que en 4º de la ESO la asignatura de Biología y Geología es impartida 4 veces por semana en sesiones de 50 minutos cada una, la unidad didáctica se estructuró en un total de 12 sesiones. En ellas, la idea es alcanzar los objetivos marcados anteriormente impartiendo los contenidos establecidos a un ritmo adecuado para la diversidad del grupo. Las clases se impartirán de acuerdo a la metodología constructivista ya explicada,

con una variedad de actividades que logren un proceso de aprendizaje-enseñanza significativo y activo.

Para conseguir todo lo expuesto previamente, el planteamiento de las sesiones es el siguiente:

Tabla 1. Relación de contenidos con sus respectivos objetivos estructurados en sesiones.

BASES DE LA HERENCIA		
Nº sesión	Contenido	Objetivos
1	- Evaluación inicial. - Conceptos básicos en genética.	- Conocer los conceptos básicos de genética y saber discernir entre caracteres, genes y alelos. - Diferenciar las ideas de genotipo y fenotipo. - Identificar genotipos homocigóticos y genotipos heterocigóticos.
2	- Los experimentos de Mendel.	Estudiar los experimentos de Mendel y comprender su importancia, así como saber describir y aplicar sus leyes para la resolución de problemas sencillos.
3	- Las leyes de Mendel.	
4	- Variaciones de la herencia mendeliana. ○ Herencia intermedia.	- Comprender las variaciones de la herencia mendeliana relacionadas con la herencia intermedia, dominancia, codominancia y alelismo múltiple. - Distinguir entre ligamiento cromosómico y recombinación genética.
5	○ Codominancia. ○ Alelismo múltiple - Ligamiento entre genes y recombinación genética.	
6	- Herencia del sexo. - Herencia ligada al sexo: ○ Los cromosomas sexuales humanos.	- Saber describir cómo se produce la herencia del sexo genético. - Explicar los factores que determinan la herencia ligada al sexo.
7	○ El daltonismo y la hemofilia.	
8	Las alteraciones genéticas.	Definir qué es una mutación, sus tipos y las consecuencias para la salud.
9	Las mutaciones y las enfermedades genéticas.	
10	Debate de mutaciones e ingeniería genética.	-
11	Exposiciones orales de los alumnos.	-
12	Evaluación final.	-

A continuación, se expone con más detalle cada una de las sesiones, describiendo en cada una de ellas las actividades que se llevan a cabo:

6.8.1.- Sesión 1

En primer lugar, antes de empezar con la unidad es necesario hacer una evaluación inicial para conocer tanto los conocimientos como las ideas previas de los alumnos. Pues, aunque se trata como ya se ha mencionado de una temática nueva, puede que los alumnos tengan alguna idea, errónea o no, de los contenidos que se van a trabajar. La evaluación se realizará con una sencilla prueba individual (con la aplicación *Kahoot!*) de 10 preguntas ([Anexo I](#)) que permite comprobar que el alumnado tiene claro todos los conocimientos previos necesarios para un correcto aprendizaje de los contenidos de la unidad.

En total, la duración de la explicación del funcionamiento de la aplicación y de la prueba será aproximadamente de unos 20 minutos, tras los cuales se llevará a cabo una corrección en grupo para intentar aclarar aquellas ideas que les han resultado complicadas y para dejar claros aquellos conceptos básicos (10 minutos).

Los últimos 20 minutos de la primera sesión se dedicarán para comenzar ya con la unidad didáctica, explicando por medio de una lección magistral los conceptos básicos en genética (caracteres hereditarios, genes, alelos, homocigosis y heterocigosis, dominancia y recesividad y genotipo y fenotipo).

Tabla 2. Relación de actividades de la primera sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 1				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
<i>Kahoot!</i> (Gamificación)	Evaluación inicial.	-	CD	30
Lección magistral	Conceptos básicos en genética.	- Saber discernir entre caracteres, genes y alelos. - Diferenciar las ideas de genotipo y fenotipo. - Identificar genotipos homocigóticos y genotipos heterocigóticos.	CMCT CCL	20

6.8.2.- Sesión 2

Para comenzar la sesión, el docente formulará 2-3 preguntas en voz alta relacionadas con los contenidos del día anterior que los alumnos deberán responder. La idea es recordarles los conceptos impartidos en sesiones anteriores e, incluso si es necesario, de unidades

didácticas previas, para mostrarles que existe una relación entre todas y que el aprendizaje, siguiendo el modelo constructivista, debe establecer conexiones entre los conocimientos (5 min).

Para continuar con la sesión el profesor procederá a explicar, en primer lugar por medio de una clase magistral, la importancia del padre de la genética, Mendel. Tras una breve introducción sobre la figura del científico se comenzará con los experimentos del mismo, la primera ley de Mendel y el cruzamiento prueba. A la explicación de esta primera ley le acompañará la visualización de un extracto de vídeo (Think the Planet, 2017; 3m13s-4m16s) ([Anexo II](#)) que ayude a entender mejor la teoría. En total se estima que todo esto requiera un tiempo de 15 minutos.

A continuación, se les propondrá a los alumnos la resolución de manera individual de un problema ([Anexo III](#)) aplicando la primera ley de Mendel (5 min) para posteriormente corregirla todos juntos y explicar en qué consiste el cuadro de Punnett (5 min).

Continuando con los contenidos, el educador procederá a explicar la segunda ley de Mendel acompañado al igual que en el caso anterior de un extracto de vídeo (Think the Planet, 2017; 4m16s-5m15s) ([Anexo II](#)) para lo cual tardará otros 10 minutos. De nuevo, para finalizar la sesión, se propondrá al alumnado resolver otro problema ([Anexo III](#)) para después corregirlo (10 minutos). Sin embargo, esta vez deberán aplicar la segunda ley de Mendel.

Tabla 3. Relación de actividades de la segunda sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 2				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Lección magistral	- Los experimentos de Mendel. - Las leyes de Mendel.	Estudiar los experimentos de Mendel y comprender su importancia, así como saber describir y aplicar sus leyes para la resolución de problemas sencillos.	CMCT CCL	23
Visualización de vídeo	Selección y visualización de videos y animaciones para obtener información y lograr un mejor aprendizaje.		CMCT CCL CD	2
Resolución de problemas	Resolución de problemas de herencia genética aplicando las leyes mendelianas y sus variaciones.		CMCT CCL CAA SIEE	20

6.8.3.- Sesión 3

Al igual que en la sesión anterior, los primeros 5 minutos se emplearán para repasar los contenidos trabajados en la clase anterior. Para ello, el docente formulará 2-3 preguntas en voz alta relacionadas con las leyes y los experimentos de Mendel que los alumnos deberán responder.

A continuación, por medio de una clase magistral de 15 minutos, el profesor impartirá la tercera y última ley de Mendel, tanto para variedades puras como para híbridas. Esta explicación, al igual que en los caso anteriores, irá acompañada de un extracto de vídeo (Think the Planet, 2017; 5m15s-7m14s) ([Anexo II](#)), en el que, además de resumir esa tercera ley, habla de aquellos detalles que hicieron que los experimentos de Mendel tuvieran éxito y de aquellos que él jamás pudo explicar. Y una vez finalizada la explicación, se procede a la realización de un problema ([Anexo III](#)) que requiera la aplicación de esta nueva ley estudiada para, posteriormente, corregirla entre todos (16 minutos).

Finalmente, para terminar la sesión, se les propone un último problema ([Anexo III](#)), que los alumnos deberán resolver aplicando una o varias de las leyes de Mendel, de modo que el docente observará si de verdad han entendido lo trabajado o no. Este último problema deberá resolverse en 10 minutos para dejar los últimos 9 para su corrección y dudas que hayan podido surgir acerca de estos contenidos.

Tabla 4. Relación de actividades de la tercera sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 3				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Lección magistral	- Los experimentos de Mendel. - Las leyes de Mendel.	Estudiar los experimentos de Mendel y comprender su importancia, así como saber describir y aplicar sus leyes para la resolución de problemas sencillos.	CMCT CCL	14
Visualización de vídeo	Selección y visualización de videos y animaciones para obtener información y lograr un mejor aprendizaje.		CMCT CCL CD	2
Resolución de problemas	Resolución de problemas de herencia genética aplicando las leyes mendelianas y sus variaciones.		CMCT CCL CAA SIEE	19

6.8.4.- Sesión 4

Para comenzar la sesión, se dedicarán los primeros 5 minutos a resolver dudas sobre lo trabajado hasta ahora. En el caso de no existir ninguna cuestión, será el profesor quien formule 2-3 preguntas para asegurar que los conceptos de las primeras sesiones no se han olvidado.

A continuación, para introducir la temática de las variantes de las leyes de Mendel, y para variar con la estructura de la clase, se empezará con la visualización de un extracto de vídeo de 2 minutos (MultiChannel, 2018; 1m10s-3m10s) ([Anexo II](#)) donde se habla de la herencia intermedia y la codominancia. Tras el vídeo, antes de proceder a la clase magistral,

pedimos a los alumnos que traten de sacar conclusiones de lo que han visto para observar si de verdad les ha servido de apoyo y para ver si van comprendiendo la secuencia en los descubrimientos de genética (5 minutos). Posteriormente, el profesor imparte una breve clase magistral acerca de ambos conceptos explicados en el vídeo para profundizar un poquito más en los detalles y resolver las cuestiones que hayan podido surgir (15 minutos).

A continuación, se pedirá a los alumnos la resolución de dos problemas ([Anexo III](#)), uno de herencia intermedia y otro de codominancia, para observar si de verdad van entendiendo todo (18 minutos). Para finalizar, se corregirá el primero de los dos problemas y se pedirá a los jóvenes que pregunten en casa su grupo sanguíneo (5 minutos).

Tabla 5. Relación de actividades de la cuarta sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 4				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Lección magistral	Variaciones de la herencia mendeliana: <ul style="list-style-type: none"> • Herencia intermedia. • Codominancia. 	Comprender las variaciones de la herencia mendeliana relacionadas con la herencia intermedia, dominancia, codominancia y alelismo múltiple.	CMCT CCL	15
Visualización de vídeo	Selección y visualización de videos y animaciones para obtener información y lograr un mejor aprendizaje.		CMCT CCL CD CAA SIEE	7
Resolución de problemas	Resolución de problemas de herencia genética aplicando las leyes mendelianas y sus variaciones.		CMCT CCL CAA SIEE	23

6.8.5.- Sesión 5

En esta ocasión se comenzará la clase corrigiendo el segundo de los problemas que se hicieron en la sesión anterior (5 minutos). Posterior a esto, procederemos a explicar el fenómeno de alelismo múltiple por medio de una clase magistral y poniendo como ejemplo los grupos sanguíneos de modo que los alumnos se interesen por la temática (15 minutos).

Además, aprovechando que se les pidió que consultasen su grupo, se realizará en clase un ejercicio sencillo de calcular cada uno sus posibles genotipos y los de sus padres (5 minutos). Aprovechando el concepto de alelismo múltiple, se repasará los conceptos básicos de gen y alelo, explicando a los jóvenes (aunque no entra en el currículo) que existen diferentes genes para un mismo carácter, como puede ser el pelaje de los ratones, y que no se debe confundir con el fenómeno explicado al inicio de la sesión (5 minutos).

Tras esto, se procederá a explicar el ligamiento entre genes y la recombinación genética por medio de una clase magistral y estableciendo las claras diferencias entre ambos procesos (17 minutos). Para finalizar la sesión se proyectará un vídeo (Perucultural Académico, 2017) ([Anexo II](#)) acerca de un experimento de Thomas Hunt Morgan con la mosca del vinagre, donde se explica de forma más visual las diferencias entre los mecanismos (3 minutos).

Tabla 6. Relación de actividades de la quinta sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 5				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Lección magistral	- Variaciones de la herencia mendeliana: • Alelismo múltiple. - Ligamiento entre genes y recombinación genética.	- Comprender las variaciones de la herencia mendeliana relacionadas con la herencia intermedia, dominancia, codominancia y alelismo múltiple. - Distinguir entre ligamiento cromosómico y recombinación genética.	CMCT CCL	37
Visualización de vídeo	Selección y visualización de videos y animaciones para obtener información y lograr un mejor aprendizaje.		CMCT CCL CD	3
Resolución de problemas	Resolución de problemas de herencia genética aplicando las leyes mendelianas y sus variaciones.		CMCT CCL CAA SIEE	10

6.8.6.- Sesión 6

Para comenzar la sexta sesión el docente formulará 2-3 preguntas en voz alta relacionadas con los contenidos del día anterior que los alumnos deberán responder (5 min). A continuación se procederá a hacer unas breves preguntas de repaso de la meiosis y del concepto de cromosoma que se han estudiado en la unidad didáctica anterior (5 minutos) para, posteriormente, continuar con una clase magistral en la que se explicará la herencia del sexo (15 minutos). En esta parte es importante que los alumnos entiendan la importancia de los cromosomas sexuales y que la determinación del sexo no es igual en todas las especies. Como actividad se proyectarán dos imágenes de dos cariotipos distintos y los estudiantes deben reconocer cuál pertenece al sexo femenino y cuál al masculino (2 minutos) ([Anexo III](#)).

Posteriormente, un alumno deberá contar resumidamente a sus compañeros en qué consistía el experimento de Morgan (5 minutos). Una vez hecho esto, el docente introducirá el apartado de la herencia ligada al sexo (o influida por el sexo) y explicará la conexión con este experimento (8 minutos). Para finalizar la sesión, toda la clase de manera conjunta, con un alumno voluntario en la pizarra, resolverán un problema ([Anexo III](#)) relacionado con un trastorno que se explicará en la siguiente sesión (10 minutos).

Tabla 7. Relación de actividades de la sexta sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 6				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Repaso de la unidad anterior	Relación de conceptos previos sobre la meiosis con los procesos de herencia genética.		CMCT CCL	5
Lección magistral	- La herencia del sexo. - La herencia ligada al sexo: ○ Los cromosomas sexuales humanos.	- Estudiar los experimentos de Mendel y comprender su importancia, así como saber describir y aplicar sus leyes para la resolución de problemas sencillos.	CMCT	23
Resolución de problemas	- Resolución de problemas de herencia genética aplicando las leyes mendelianas y sus variaciones. - Relación de conceptos trabajados en la resolución actividades teóricas.	- Saber describir cómo se produce la herencia del sexo genético. - Explicar los factores que determinan la herencia ligada al sexo.	CMCT CCL CAA SIEE	17

6.8.7.- Sesión 7

En el comienzo de esta sesión se repasará la herencia del sexo de una forma diferente. Cada alumno deberá pensar y escribir en un folio 2 preguntas teóricas acerca de lo trabajado hasta ahora. Después, cada uno le pasará su folio a un compañero de forma que todos los estudiantes tengan su folio con dos preguntas que deberán contestar (sin ayuda de sus apuntes o libro) y entregar al docente. Este valorará, tanto la calidad y dificultad de las preguntas, como la calidad de la respuesta (10 minutos).

Tras este ejercicio, el profesor continuará impartiendo los contenidos relativos a la herencia ligada al sexo. Comenzará dando una breve clase magistral acerca de dos ejemplos de trastornos determinados por genes situados en el cromosoma X, el daltonismo y la

hemofilia (10 minutos). Una vez explicado lo anterior, los alumnos deberán resolver dos ejercicios ([Anexo III](#)) que se corregirán al final de la clase de manera conjunta. Uno de los problemas resultará un poco más complicado de lo normal, con la intención de observar la comprensión de los alumnos a la hora de enfrentarse a enunciados más largos y rebuscados (30 minutos).

Tabla 8. Relación de actividades de la séptima sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 7				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Ejercicio de repaso	Relación de conceptos trabajados en la resolución actividades teóricas.	Cualquiera de los fijados en el apartado 6.4.- Objetivos.	CMCT CCL CAA SIEE	10
Lección magistral	- La herencia ligada al sexo: <ul style="list-style-type: none"> ○ Los cromosomas sexuales humanos. ○ El daltonismo y la hemofilia. 	- Estudiar los experimentos de Mendel y comprender su importancia, así como saber describir y aplicar sus leyes para la resolución de problemas sencillos.	CMCT CCL	10
Resolución de problemas	- Resolución de problemas de herencia genética aplicando las leyes mendelianas y sus variaciones.	- Explicar los factores que determinan la herencia ligada al sexo.	CMCT CCL CAA SIEE	30

6.8.8.- Sesión 8

Al inicio de esta sesión no habrá repaso, sino que se comenzará directamente con una lección magistral acerca de las alteraciones genéticas. El docente deberá explicar en qué consiste una mutación, los tipos que hay (génica, cromosómica y genómica) y su importancia en función de si afectan a cromosomas sexuales o no. Posteriormente a esto, es necesario informar a los jóvenes acerca de las investigaciones y avances médicos en enfermedades hereditarias tanto en diagnóstico como en tratamiento (35 minutos).

Finalmente, para los últimos 15 minutos, se les entregará a los alumnos un cariotipo en papel con los cromosomas desordenados y que ellos deberán ordenar para observar que tipo

de alteración genómica existe (trisomía en el par de cromosomas autosómicos 21) e indagar sobre qué enfermedad es (síndrome de Down) ([Anexo III](#)).

Tabla 9. Relación de actividades de la octava sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 8				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Lección magistral	Las alteraciones genéticas. Las mutaciones y las enfermedades genéticas.	Definir qué es una mutación, sus tipos y las consecuencias para la salud.	CMCT CCL CEC	35
Ordenación de un cariotipo	Relación de conceptos trabajados en la resolución actividades teóricas.		CMCT CCL SIEE	15

6.8.9.- Sesión 9

Esta sesión tendrá lugar en el aula de informática. En primer lugar, se corregirá la actividad del cariotipo donde todos los estudiantes deben haber llegado a la conclusión de que se produce una trisomía del par 21 y deberían haber buscado qué provoca esto, entregando en papel el cariotipo ordenado con la solución escrita debajo. Tras esto, el profesor realizará una breve explicación de las características de la enfermedad denominada síndrome de Down que, a su vez, servirá como ejemplo de exposición oral para el trabajo de investigación que van a tener que elaborar los alumnos. Finalmente, explicará a los estudiantes algunos de los sitios web fiables para la búsqueda de información científica y educativa como *PubMed* (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) o *Google Scholar* (<https://scholar.google.com/>) (15 minutos).

El resto de la clase consistirá en trabajo de los alumnos para preparar su exposición sobre enfermedades genéticas. Para ello deben organizarse en grupos de 5 (hay un grupo de 4) y seleccionar uno de los trastornos propuestos por el docente para investigar sobre él y elaborar una exposición de 10 minutos que presentarán frente a la clase en la penúltima sesión (35 minutos). Las enfermedades propuestas por el profesor son: síndrome de Klinefelter, síndrome de Turner, enfermedad de Tay-Sachs, polidactilia, anemia falciforme o distrofia muscular. Cada grupo deberá elegir uno diferente y, en caso de coincidir alguno, será el docente quien los asigne.

Tabla 10. Relación de actividades de la novena sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 9				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Lección magistral	- Las alteraciones genéticas. Las mutaciones y las enfermedades genéticas. - Conocimiento y uso responsable de las TIC durante la práctica en el aula de informática. - Realización de un trabajo mediante documentación bibliográfica seguida de exposición de conclusiones.	- Definir qué es una mutación, sus tipos y las consecuencias para la salud.	CMCT CCL CD	15
Trabajo de investigación			CMCT CCL CD CAA SIEE CEC	35

6.8.10.- Sesión 10

La décima sesión se dedicará exclusivamente al debate acerca de las mutaciones y la ingeniería genética, como introducción a un tema que sobre el que se profundizará en la unidad siguiente. Los estudiantes deben haber leído los artículos proporcionados por el docente ([Anexo IV](#)) y haber indagado de manera individual acerca de la temática marcada y el profesor, como moderador, irá realizando preguntas para guiar el debate. Los alumnos deberán levantar la mano para poder hablar y expresar sus argumentos en función de lo que han encontrado en su investigación y de lo que opinan. Es importante que se respeten los turnos de palabra y que haya una participación general.

Las preguntas guía del debate serán:

- ¿Son las mutaciones malas?
- ¿Qué pasaría si no existiesen las mutaciones?
- ¿Sirve la ingeniería genética para evitar todas las enfermedades genéticas?
- ¿Es ética la idea del “bebé por encargo”?

Además, también se pueden ir improvisando otras preguntas que surjan durante el debate y que ayuden a llegar a un aprendizaje correcto. Aproximadamente 5-10 minutos antes de finalizar la sesión, concluirá el debate y se harán unas conclusiones generales extraídas de la propia actividad.

Finalmente, el profesor avisará al alumnado de haber colgado una prueba de autoevaluación ([Anexo V](#)) en la plataforma online para todos y compuesta por preguntas de aplicación de los conocimientos teóricos parecidas a las que saldrán en la prueba escrita de evaluación de la unidad, con la que los estudiantes podrán repasar contenidos impartidos en el tema. Cualquier duda que surja podrá ser enviada por correo electrónico al profesor o preguntada en clases posteriores.

Tabla 11. Relación de actividades de la décima sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 10				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Debate	<ul style="list-style-type: none"> - Debate y argumentación acerca de temas controvertidos como los beneficios y perjuicios de las mutaciones o la ingeniería genética. - Realización de un trabajo mediante documentación bibliográfica seguida de exposición de conclusiones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir qué es una mutación, sus tipos y las consecuencias para la salud. 	<ul style="list-style-type: none"> CMCT CCL CAA CSC SIEE CEC 	50

6.8.11.- Sesión 11

Esta penúltima sesión está íntegramente dedicada a que los alumnos expongan ante sus compañeros la información que han encontrado acerca de la enfermedad que seleccionaron para investigar en el aula de informática. La actividad consiste en que los 5 expliquen frente a sus compañeros los contenidos sobre los que han indagado (si es con el apoyo de imágenes mejor) y luego el resto de compañeros cuenten con unos minutos por si quieren hacer alguna pregunta o aportar algún conocimiento extra sobre la temática. La duración de la exposición

no debe ser de más de 7 minutos, dejando espacio para el turno de preguntas. De esta forma cada grupo contará con 10 minutos para su exposición y responder a preguntas.

La idea es que si en lugar de ser el profesor quien explique los contenidos, es un compañero, los estudiantes prestarán más atención y percibirán la impartición de los contenidos de una forma diferente y más entretenida. Es importante que el docente en todo momento preste atención por si es necesario corregir alguna información incorrecta.

Tabla 12. Relación de actividades de la undécima sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 11				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Exposición oral	- Las alteraciones genéticas. Las mutaciones y las enfermedades genéticas. - Realización de un trabajo mediante documentación bibliográfica seguida de exposición de conclusiones.	- Definir qué es una mutación, sus tipos y las consecuencias para la salud.	CMCT CCL CD CAA SIEE CEC	50

6.8.12.- Sesión 12

La última sesión se empleará para la prueba escrita de conocimientos ([Anexo VI](#)) donde se evaluará si la clase ha adquirido y asimilado los conocimientos mínimos. Esta sesión no será seguida de las demás, sino que se intercalará entre las sesiones de la unidad siguiente para que los alumnos tengan tiempo suficiente para estudiar los contenidos, preguntar dudas y realizar la prueba de autoevaluación si desean.

Tabla 13. Relación de actividades de la duodécima sesión con los contenidos, objetivos y competencias indicando el tiempo requerido para cada una.

SESIÓN 12				
Actividad	Contenido	Objetivos	Competencias	Tiempo (min)
Evaluación final	Todos los fijados en el apartado 6.6.2.- Contenidos básicos	Todos los fijados en el apartado 6.4.- Objetivos .	CMCT CCL CAA	50

6.9.- Atención a la diversidad

En todos los grupos de alumnos hay una diversidad inherente que se debe reconocer, respetar y atender adecuadamente. Como es natural, el ritmo de aprendizaje de cada estudiante es diferente debido a sus diferentes capacidades, ideas previas, motivaciones e intereses. Un principio fundamental del sistema educativo es la adaptación de la enseñanza a las peculiaridades y necesidades de cada alumno, de forma que es necesario intentar adaptar las clases, en la medida de lo posible, al ritmo de cada integrante del grupo para lograr la equidad en un aula inclusiva que da las mismas oportunidades de aprendizaje a todos. Sin embargo, como ya se ha mencionado previamente, la diversidad dentro del aula al que va dirigido esta unidad es muy reducida. Todos los alumnos tienen muy buena actitud en las clases, casi siempre prestan atención, toman apuntes o subrayan en el libro y tienen como objetivo sacar las mejores notas posibles.

En lo relativo al estudiante que se dedica al deporte de alto rendimiento, aunque como ya se ha dicho presenta buena actitud, su falta de tiempo para estudiar y, en ocasiones, para acudir a clase, provoca que le cueste comprender bien todos los contenidos impartidos en clase. Debido a que se trata de un caso especial, se han considerado actividades de refuerzo que faciliten al alumno el llevar a cabo el estudio y repaso de algunos conceptos que le resulten complicados de forma que logre alcanzar los objetivos mínimos marcados en la unidad. Además, es necesaria una atención más particular por parte del profesor como permitir realizar el examen en otra fecha si no ha asistido por competiciones, confirmar que comprende los conceptos tratados en las clases teóricas, preguntarle mucho en clase,...

Por otro lado, con el alumno de altas capacidades no tiene problema para comprender los contenidos, la dificultad reside en que no se desconcentre durante las clases teóricas o que no se aburra ya que termina las actividades mucho antes que sus compañeros. Como consecuencia de esto, se han planteado prepararle actividades de ampliación que le resulten más complejas y le supongan un reto motivador, así como facilitarle bibliografía extra relacionada con el tema para que alimente su curiosidad. En este caso, también es necesario una atención particular por parte del docente que debe confirmar que mantiene la atención a la clase, preguntarle mucho para que no se despiste, proporcionarle otros ejercicios en lo que sus compañeros acaban y que luego el educador corregirá personalmente,...

Dicho esto, a excepción de esos dos casos no existe ningún otro joven que requiera medidas especiales ni ninguna adaptación curricular. En el supuesto de que se dieran

situaciones personales específicas en algún alumno que provocase una alteración en el ritmo de aprendizaje, el profesor adoptará las medidas pertinentes que aparecen en la programación del departamento y se contactaría con el Departamento de Orientación para asegurarnos de que se toman las medidas oportunas. También puede producirse que los estudiantes expresen de forma generalizada su descontento con el nivel de dificultad de las actividades. Entonces el docente variará dicho nivel haciéndolas más sencillas o más complicadas en función de si los alumnos muestran problemas académicos o les resultan demasiado fáciles. También es posible cambiar directamente las actividades de desarrollo por unas de refuerzo o de ampliación si alguno de los alumnos varía su ritmo de aprendizaje de forma excesiva en la presente unidad.

6.10.- Evaluación

La normativa vigente señala que la evaluación de los procesos de aprendizaje del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria debe ser continua, formativa e integradora. Para determinar si el alumnado supera o no los objetivos establecidos se ha diseñado una evaluación para esta unidad didáctica en base a una serie de instrumentos y criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y criterios de calificación, de acuerdo con lo establecido en la programación del departamento. Por tanto, debe seguir un proceso en tres fases:

- **Evaluación inicial:** se realizará al inicio de cada unidad. Se centrará en el diagnóstico del punto de partida de los alumnos.
- **Evaluación formativa:** se realizará a lo largo de cada unidad y a lo largo del curso. Nos permite comprobar la eficacia del proceso, el rendimiento de los alumnos y planificar los ajustes necesarios.
- **Evaluación final:** Se realizará una unidad. Reflejará el resultado acumulativo de todos los instrumentos calificados desde el principio de cada unidad.

Además, al final de cada unidad se proporciona a los estudiantes, a través de la plataforma *moodle*, una evaluación de la propia práctica docente.

6.10.1.- Instrumentos de evaluación

La evaluación requiere el empleo de diferentes instrumentos de evaluación adecuados a los contenidos y competencias, que permita al alumnado demostrar su dominio y aplicación, y cuya administración resulte viable. La finalidad es realizar una evaluación continua, flexible y adaptada para cada tipo de actividad, lo que en casos determinados requiere la observación

directa del desempeño del alumno, como ocurre en la evaluación de actitudes (hacia la lectura, participación, etc.) o valores (perseverancia, minuciosidad, etc.).

En la siguiente tabla se representan los instrumentos utilizados para cada tipo de actividad diseñada:

Tabla 14. Relación de los instrumentos de evaluación con sus correspondientes actividades planteadas.

Actividad	Instrumento de evaluación
Actividad de evaluación inicial por medio de un <i>Kahoot!</i>	Revisión de respuestas en la prueba de evaluación inicial realizada por cada alumno (Anexo I) + Observación de la actitud y participación.
Lecciones magistrales participativas.	Observación directa del comportamiento, el interés y la participación frente a las preguntas del docente.
Visualización de vídeos.	Observación del comportamiento y participación en las preguntas orales del docente relacionadas con esos archivos de vídeo.
Resolución de problemas.	Revisión de respuestas + Participación en las correcciones + Observación de actitudes.
Ordenación del cariotipo.	Revisión de la entrega del documento con la solución correcta.
Debate de mutaciones e ingeniería genética.	Lista de control (Tabla 15) para evaluar participación, conocimientos, argumentación y actitudes sociales.
Trabajo de investigación y exposiciones orales.	Rúbrica (Tabla 16) para evaluar el conocimiento sobre el tema del grupo y expresión oral + Observación de actitud de cada integrante del grupo.
Actividad de evaluación final.	Revisión de respuestas en la prueba de evaluación final realizada por cada alumno (Anexo VI)

A continuación, se exponen las tablas empleadas como herramientas de evaluación para evaluar tanto el debate como la exposición oral:

Tabla 15. Lista de control para evaluar el comportamiento de cada alumno en el debate. Se evaluará de 0 a 5 (0= nulo, 1= insuficiente, 2= suficiente, 3= bien, 4= notable, 5= sobresaliente).

LISTA DE CONTROL DE DEBATES					
ASPECTO A EVALUAR	Nombre del alumno:				
	5	4	3	2	1
Expresión oral					
Argumentación					
Calidad del contenido					
Respeto de turnos de palabra					
Coherencia con los tiempos del debate					
MEDIA TOTAL	___ / 25				

Tabla 16. Rúbrica para evaluar el trabajo y exposición de cada grupo en relación con la actividad de investigación. Se evaluará de 0 a 4 (0=insuficiente, 2= suficiente, 3= bien, 4= excelente).

RÚBRICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN Y LA EXPOSICIÓN ORAL				
ASPECTO A EVALUAR	4	3	2	1
Pronunciación y vocabulario	Pronuncian las palabras correctamente y hacen un buen uso del vocabulario.	Cometen errores de pronunciación pero hacen un buen uso del vocabulario.	Pronuncian las palabras correctamente pero no hacen un buen uso del vocabulario.	Cometen errores de pronunciación y no hacen un buen uso del vocabulario.
Volumen y postura	El volumen es adecuado, con una postura natural y mirando al público.	El volumen es demasiado alto o bajo pero con una postura natural y mirando al público.	El volumen es adecuado pero se apoyan en algún sitio y/o no miran al público	El volumen es demasiado alto o bajo y se apoyan en algún sitio y/o no miran al público
Distribución del tiempo	Reparten el tiempo disponible perfectamente en los diferentes apartados en función de importancia.	Reparten el tiempo en los diferentes apartados en función de importancia pero se exceden en el tiempo disponible de presentación.	Se ajustan bien al tiempo disponible pero no hacen una correcta repartición del mismo entre los apartados en función de importancia.	Ni se ajustan bien al tiempo disponible ni hacen una correcta repartición del mismo entre los apartados en función de importancia.
Contenido	Exponen el contenido concreto, demostrando control sobre el tema.	Exponen el contenido concreto y a veces se salen del tema.	Exponen el contenido aunque faltan algunos datos.	La exposición carece de contenido concreto.
Documentación	Utilizan perfectamente material de apoyo para hacerse entender mejor.	Se apoyan durante casi toda la exposición en documentación para hacerse entender.	Hacen escasa referencia a imágenes o documentos de apoyo.	No utilizan material de apoyo en la presentación oral.
Secuenciación	Buena estructura y secuenciación de la exposición.	Exposición ordenada.	Errores y /o repeticiones en el orden lógico de algunas ideas.	La exposición carece de orden y repiten las ideas continuamente.
MEDIA TOTAL		___ / 24		

6.10.2.- Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje

De acuerdo a la Orden EDU/362/2015, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León, es necesario considerar una serie de criterios de evaluación y estándares de aprendizaje establecidos para poder obtener una calificación utilizando estos instrumentos de evaluación citados en el apartado anterior.

Los criterios y estándares que guardan relación con la unidad didáctica diseñada aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 17 *Relación de los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables.*

Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
1. Conocer los conceptos básicos de genética y diferenciar entre genotipo y fenotipo.	1.1. Relaciona los factores mendelianos con los genes y con los caracteres hereditarios, y distingue entre genotipo y fenotipo.
2. Comprender el significado de los experimentos de Mendel, describir sus leyes y saberlas aplicar.	2.1. Reconoce la importancia de los experimentos de Mendel, define las leyes de Mendel, formula experimentos para demostrarlas y resuelve problemas relacionados con ellas.
3. Distinguir entre ligamiento cromosómico y recombinación genética.	3.1. Distingue entre herencia intermedia, codominancia y genes que actúan sobre un mismo carácter, y explica el ligamiento cromosómico y la recombinación genética.
4. Describir las variaciones en la transmisión de los caracteres y saber que la herencia también se transmite con el sexo.	4.1. Conoce las formas de determinación sexual y la existencia de genes relacionados con los cromosomas sexuales.
5. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución.	5.1. Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos.
6. Conocer algunas enfermedades hereditarias, su prevención y alcance social.	6.1. Identifica las enfermedades hereditarias más frecuentes y su alcance social.

6.10.3.- Criterios de calificación

La evaluación de cada actividad descrita a través de los diferentes instrumentos de evaluación mencionados y según los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje establecidos, permite fijar una puntuación global o calificación para cada estudiante. Esta calificación es potestad exclusiva del profesor, sin embargo, todos los alumnos tienen derecho a conocer y revisar la nota que se les asigne.

Debido a lo establecido en la programación didáctica de la asignatura los alumnos deberán estar informados en todo momento del valor de cada uno de los apartados e, independientemente del instrumento empleado para cada actividad, la nota deberá corresponderse a la escala clásica de 1-10, donde la puntuación mínima para aprobar es de

5/10. También según lo fijado en el departamento, las calificaciones seguirán esta ponderación:

Tabla 18. Ponderación de las actividades en la nota final de la unidad.

Actividades	Porcentaje en la nota final
Actividades evaluables durante el transcurso de la unidad, comportamiento, actitud, participación,...	20%
Prueba de evaluación final	80%

Se sobreentiende que la prueba de evaluación inicial de conocimientos previos será evaluada pero no calificada, ya que solamente tiene como objetivo que el docente obtenga una referencia para establecer el punto de partida en los contenidos de la unidad. En lo relativo a los porcentajes de cada actividad, éstos aparecen reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 19. Ponderación de las actividades en la nota final de la unidad, desglosando el 20% correspondiente a las actividades que se realizan en clase y perteneciente a la evaluación continua.

Actividades	Porcentaje en la nota final	
Actitud y comportamiento en clase	10%	20%
Visualización de vídeos.	5%	
Resolución de problemas.	10%	
Ordenación del cariotipo.	10%	
Debate de mutaciones e ingeniería genética.	20%	
Trabajo de investigación y exposiciones orales.	45%	
Prueba de evaluación final.	80%	

A su vez, el 100% de la nota de esta unidad didáctica representa el 25 % de la calificación del trimestre, ya que esta se imparte junto con otras 3 en el primer trimestre del curso de 4º de la ESO. En el caso de que un alumno suspenda la unidad, deberá sacar al menos un 4 para hacer media con las notas de las demás unidades; de no ser así, deberá presentarse al examen de recuperación del trimestre con las partes suspensas.

6.10.3.- Evaluación del docente

Como ya se ha mencionado, al final de cada unidad el profesor subirá a la plataforma moodle una serie de cuestiones para valorar la propia práctica docente y saber si es necesario realizar cambios o adaptaciones en el futuro en la organización de las clases. Además, los alumnos también contarán con un hueco de observaciones donde podrán escribir otras sugerencias o ideas. Las respuestas a dichas cuestiones y las observaciones le llegarán al correo al docente de forma anónima. Las preguntas para esta evaluación serán:

- ¿Te ha resultado interesante la temática de la unidad?
- ¿Te ha resultado útil la temática de la unidad?
- ¿Te han resultado interesante y motivadoras las actividades realizadas?
- ¿Has aprendido más conocimientos gracias a las lecciones magistrales o con el resto de actividades?
- ¿Te ha resultado la unidad demasiado fácil o complicada?

7.- EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

El docente es transmisor de los conocimientos pero también actúa como orientador y educador en el proceso de aprendizaje, por lo que es importante evaluar nuestro trabajo y sentirnos en parte responsables de los resultados que obtienen nuestros alumnos. Por ello, además del apartado de evaluación al docente por parte de los estudiantes, es necesario que el educador realice una auto-evaluación crítica de su labor y de su propuesta didáctica.

Principalmente, consiste en comparar los objetivos marcados y los resultados obtenidos para extraer unas conclusiones que ayuden a mejorar en un futuro la planificación de esta u otras unidades didácticas o asignaturas. Para que este análisis sea lo más objetivo posible, es necesario establecer al inicio de curso unos criterios que permitan evaluar el rendimiento y los resultados de cada unidad y se establecerá un porcentaje mínimo de éxito que la clase debe alcanzar (por ejemplo un porcentaje de aprobados inferior al 80% se considera un fracaso en el planteamiento de la unidad).

Sin embargo, no basta con observar que los resultados de los jóvenes son buenos, sino que hay que evaluar también si las actividades o los instrumentos de evaluación empleados son los mejores que se podían usar; ya que, aunque las calificaciones sean buenas, hay posibilidad de que el aprendizaje pueda mejorarse. Por tanto, se requiere hacer un listado con los estándares de aprendizaje y competencias que los alumnos deben alcanzar y analizar si existen mejoras en las herramientas pedagógicas a la hora de enseñar y a la hora de motivar a los jóvenes.

En el caso de esta unidad, está enfocada a buscar un aprendizaje activo y a lograr una educación personalizada para cada alumno. Sin embargo, en muchas ocasiones es necesario trabajar con la lección magistral debido a que la mayoría de conceptos son nuevos y a que el número de estudiantes por aula es alto, por lo que la búsqueda de actividades más entretenidas supondría un mayor gasto de tiempo y la necesidad de un profesor auxiliar que ayude en la vigilancia y evaluación de los estudiantes. Lo ideal sería que en un futuro los ratios de alumnos por clase se redujesen para poder desarrollar actividades más prácticas, sobre todo en el campo de las ciencias, que motivan a los jóvenes y permiten un aprendizaje significativo; y desarrollar unidades más personalizadas al perfil de los alumnos de cada clase.

8.- CONCLUSIONES

Para los docentes principiantes, lo complicado es hacer frente a la falta de experiencia y/o a la vergüenza inicial. Sin embargo, estos muestran una alta motivación para suplir esos problemas. Y en mi opinión, claramente, lo importante es mantener esa motivación siempre, ya que el profesor no solo debe preparar unas clases, sino que como educador debe lograr esa misma motivación por la ciencia en los jóvenes a la vez que les enseña conocimientos y competencias útiles para su futuro. Además de la motivación, los documentos didácticos, como las unidades y programaciones, pueden servir de guía y apoyo de modo que no resulte tan complicados los inicios como docente.

Este trabajo es una propuesta de unidad didáctica relacionada con la herencia genética. El proceso de planificación de las metodologías y actividades unido al proceso de temporalización y evaluación es una acción muy difícil, si le dedicas el tiempo necesario a reflexionar acerca de los objetivos establecidos y los medios disponibles. Además, se ha de tener en cuenta la adaptabilidad de la unidad a posibles inconvenientes inesperados (como en el Covid-19) o a necesidades especiales por parte de algún alumno. Sin embargo, todo el esfuerzo que requiere este tipo de documentos compensa durante el curso facilitando mucho la labor del profesor.

En el caso de esta unidad, he pretendido transmitir los conocimientos necesarios sobre la genética mendeliana, su herencia y la importancia en la salud y evolución de los seres vivos a día de hoy. Todo esto siguiendo el modelo de enseñanza-aprendizaje constructivista, de manera que, siguiendo esta planificación, la educación se aleje del tradicional sistema en el

que el docente era un transmisor y el alumnado un receptor, sin tener en cuenta intereses, motivaciones o competencias.

Como conclusión, también he de decir que, a través de este trabajo, he podido observar la utilidad de muchos de los contenidos aprendidos en el Máster.

9.- REFERENCIAS

ACUERDO 29/2017, de 15 de junio, de la junta de Castilla y León, por el que se aprueba el II Plan de Atención a la Diversidad en la Educación de Castilla y León 2017-2022. BOCYL, núm.115, lunes, 19 de junio de 2007.

Abril, A. M., Mayoral, M. V. y Muela, F. J. (2003). *Los medios de comunicación social y la didáctica de la Genética y la biología molecular en E.S.O.* Educación y futuro digital, 1-11. Recuperado de <http://www7.uc.cl>

Ayuso, G. E. y Banet, E. (2002). *Alternativas a la enseñanza de la Genética en Educación Secundaria.* Enseñanza de las ciencias, 20(1), 133-158. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es>

Banet, E. (2003). *Las ciencias naturales en la enseñanza secundaria: algunas aportaciones de la investigación educativa.* Educar en el 2000, 7, 18-32. Recuperado de <http://biblioteca.universia.net>

Banet, E., y Ayuso, E. (2000). *Teaching Genetics at Secondary School: A Strategy for Teaching about the Location of Inheritance Information.* Science Education, 84, 313-351.

Caamaño, A. (2003). *Los trabajos prácticos en ciencias.* En Jiménez, M. P. (1ªEd), Enseñar ciencias (pp. 95-118). Barcelona: Edit. Graó.

Caballero Armenta, M. (2008). *Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética.* Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad Complutense de Madrid. Enseñanza de las ciencias, 2008, 26 (2).

Campanario, J. M., y Moya, A. (1999). *¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas.* Enseñanza de las Ciencias, 17(2), 179-192.

Campanario, J.M., y Otero, J.C. (2000). *Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje.* Enseñanza de las Ciencias, 18, 155-169.

Candela, MA (2014). *Cómo se aprende y se puede enseñar ciencias naturales.* Lecturas Pronap, pp. 144-149. Tomado de Cero en Conducta, año 5, núm. 20, pp. 13-17.

Carretero, M. (1997). *Constructivismo y educación.* Recuperado de <http://books.google.es>

- Castellaro, M. A. (2012). *Definiciones teóricas y áreas de investigación propuestas desde el constructivismo, en publicaciones latinoamericanas de psicología y educación presentes en la Base de Datos de Redalyc*. Liberabit, 18(2), 131-146. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es>
- Codina, J.C. (2005). *Aprendiendo genética con Spiderman*. Alambique: didáctica de las ciencias experimentales, 45, 111-116.
- Coll, C. y Solé, I. (1989). *Aprendizaje significativo y ayuda pedagógica*. Cuadernos de pedagogía, 168, 16-20. Recuperado de <http://www.quadernsdigitals.net>
- Driver, R. (1987). *Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. University of Leeds.
- Driver, R., y Oldham, V. (1986). *A constructivist approach to curriculum development in science*. Studies in Science Education, 13(1), 105-122.
- Duek, C. (2010). *Infancia, desarrollo y conocimiento: los niños y niñas y su socialización*. Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud, 8(2), 799-808. Recuperado de <http://www.redalyc.org>
- Escudeiro, P., y de Carvalho, C. V. (2013). *Game-based language learning*. International Journal of Information and Education Technology, 3(6), 643.
- Estaire, S., y Zanón, J. (1990). *El diseño de unidades didácticas en L2 mediante tareas: principios y desarrollo*. Comunicación, lenguaje y educación, 2(7-8), 55-89.
- Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. y Martínez, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE-Horsori.
- Gil, D., y Martínez-Torregrosa, J. (1987). *Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias*. Investigación en la Escuela, 3, 3-12.
- Hernández, S. (2008). *El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje*. Revista de Universidad y Sociedad del conocimiento, 5(2), 26-35. Recuperado de <http://www.uoc.edu>
- Instituto Nacional de Estadística (2018). *Cifras oficiales de población por municipios y sexos*. Recuperado de <http://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2904>. Última consulta: 28/05/2021.

Íñiguez, F. J. (2006). *La Enseñanza de la genética: Una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. Barcelona: Universitat de Barcelona.

Íñiguez, F. J. y Puigcerver, M. (2013). *Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 10(3), 307-327.

Johnstone, A. H., y Mahmoud, N. A. (1980). *Isolating topics of high perceived difficulty school biology*. Journal of biological Education, 14(2), 163-166.

Lewis, J., Leach, J., y Wood-Robinson, C. (2000). *All in the genes? — young people's understanding of the nature of genes*. Journal of Biological Education, 34(2), 74-79.

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 106, de 4 de mayo de 2006 (LOE).

Ley Orgánica 3/2007, del 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres. Boletín Oficial del Estado, núm. 71. De 23 de marzo de 2007.

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial del Estado, núm. 295, de 10 de diciembre de 2013 (LOMCE).

Moreno, L. E. y Waldegg, G. (1998). *La epistemología y la didáctica de las ciencias: ¿Coincidencia o complementariedad?* Enseñanza de las Ciencias, 16(3), 421-429. Recuperado de <http://www.raco.cat>

Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 25, jueves 29 de enero de 2015.

Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria de la Comunidad de Castilla y León. Boletín Oficial de Castilla y León, núm.86, de 8 de mayo de 2015.

Pashley, M. (1994). *A chromosome model*. Journal of Biological Education, 28(3), 157-161.

Pontes, A. (2005). *Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica*. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 2-18.

Porlán, R., y Martín, R. (2002). *La formación del profesorado en un contexto constructivista*. *Investigações em ensino de ciências*, 7(3), 271-281.

Posada, F. (2000). *Ideas prácticas para la enseñanza de la Educación Física*. Lérida: Agonós.

Posada, F. (2013). *Gamificación educativa*. Recuperado de <http://canaltic.com>, última vez visitado el 27/05/2021.

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., y Gertzog, W.A. (1982). *Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change*. *Science Education*, 66(2), 211-227.

Pozo, J.I. (1997). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Cap.8. Enfoques para la enseñanza de la ciencia. (pp. 265-308). Madrid: Morata.

Pozo, J.I., y Gómez, M.Á. (2009). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.

Ramos García, M. A., Colodrón Bestuer, A., Serrano San Román, B. y Tomé Fernández, E. (2016). *Biología y Geología 4 ESO* (1ª ed.) (pp. 38-59). McGraw Hill Education.

Real decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 3, de 3 de enero de 2015.

Rodríguez, L., y Avendaño, H. (2018). *Gamificación como estrategia de aprendizaje en la enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica secundaria*. *Revista tecné episteme y didaxis*. Sp.

Sánchez, J. (2002). *Integración curricular de las TICs: conceptos e ideas*. Trabajo presentado en Actas VI Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, RIBIE. Recuperado de www.c5.cl/mici/pag/papers/inegr_curr.pdf

Sanmartí, N. (2000). *El diseño de Unidades didácticas*. En P. P. Canal, J. (Ed.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. (pp. 239-269). Madrid.

Sanmartí, N., y Alimenti, G. (2004). *La evaluación refleja el modelo didáctico: análisis de actividades de evaluación planteadas en clases de química*. Educación química, 15(2), 120-128.

Serrano, J. S. y Pons, R. M. (2011). *El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación*. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 13(1), 1-5. Recuperado de <http://redie.uabc.mx>

Shulman, L. (1987). *Knowledge and teaching: Foundations of the new reform*. Harvard educational review, 57(1), 1-23.

Suárez, Z. (2012). *Constructivismo en educación: ilusiones y dilemas*. Revista Calidad en la Educación Superior, 3(1), 24-42. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es>

Sueiro, R. (2015). *Las 10 claves de la gamificación eficaz*. El blog de Gestación. Recuperado de <https://blog.gestazion.com>, última vez visitado el 27/05/2021.

Torre, N. O., y Vidal, Ò. F. (2017). *Modelos constructivistas de aprendizaje en programas de formación*. OmniaScience.

Turney J. (1995). *The public understanding of genetics—where next?* European Journal of Genetics and Society, (1), 5-20.

Vygotsky, L. S. (1984). *Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar*. Infancia y Aprendizaje, 27/28, 105-116.

10.- ANEXOS

10.1.- Anexo I: Prueba de evaluación inicial

La prueba de evaluación inicial se realizó a través de la aplicación *Kahoot!* al que se puede acceder a través del siguiente enlace: <https://create.kahoot.it/share/evaluacion-inicial/b6163b29-355c-44aa-aef6-5377031ad90b>.

A continuación se expone una captura de una de las preguntas realizada directamente desde la aplicación para mostrar cómo les aparecen a los jóvenes las cuestiones:

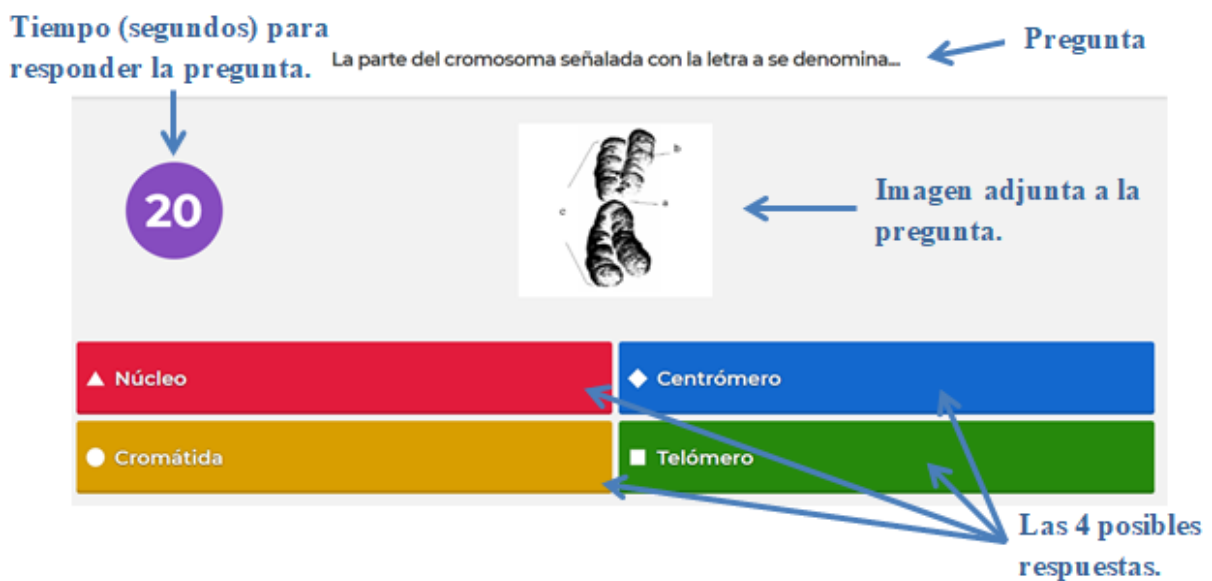


Ilustración 1. Esquema resumen de una pregunta de la prueba inicial indicando sus componentes. El orden de las respuestas es: a) rojo, b) azul, c) amarillo y d) verde.

Como ya se ha indicado en el documento, al final del test, la aplicación crea un “podio” de los 3 alumnos con mejor puntuación asignada en función de su acierto y velocidad en las respuestas:



Ilustración 2. Captura de pantalla de un ejemplo de clasificación final tras la realización del test.

Seguidamente se exponen las 10 preguntas tipo test de la prueba inicial de conocimientos e ideas previas, indicando en negrita cuál es la respuesta correcta.

1. El material hereditario existe...
 - a) Solo en las células sexuales.
 - b) Solo en los gametos.
 - c) En todas las células.**
 - d) Solo en la sangre.
2. El proceso por cual se obtiene una copia de una molécula de ADN se denomina:
 - a) Traducción.
 - b) Replicación.**
 - c) Transcripción.
 - d) Clonación.
3. El ADN está formado por...
 - a) Cromatina.
 - b) Aminoácidos.
 - c) Nucleótidos.**
 - d) Ninguna es correcta.
4. Una diferencia entre el ADN y el ARN es que...
 - a) El azúcar que forma el ADN es la desoxirribosa en vez de la ribosa.**
 - b) El ARN tiene una doble hélice.
 - c) El ARN existe solo en organismos unicelulares.
 - d) En el ARN no existes la citosina, ya que se reemplaza por uracilo.
5. Las mutaciones:
 - a) Son siempre perjudiciales.
 - b) Son siempre beneficiosas.
 - c) Pueden ser espontáneas.**
 - d) Solo tienen lugar en organismos unicelulares.
6. Las mutaciones se heredan...
 - a) Siempre.
 - b) Solo si afectan a células somáticas.
 - c) Nunca.
 - d) Solo si afectan a células sexuales.**

7. En la meiosis se obtienen...
- a) 2 células hijas haploides.
 - b) 2 células hijas diploides.
 - c) **4 células hijas haploides.**
 - d) 4 células hijas diploides.
8. La parte del cromosoma señalada con la letra a se denomina:
- a) Núcleo.
 - b) **Centrómero.**
 - c) Cromátida.
 - d) Telómero.
9. La última fase de la mitosis se denomina:
- a) **Telofase.**
 - b) Metafase.
 - c) Anafase.
 - d) Profase.
10. Selecciona la respuesta correcta:
- a) Solo los seres humanos presentan genes y cromosomas.
 - b) No todos los seres vivos presentan células.
 - c) Todos los seres humanos tienen cromosomas, pero no siempre genes.
 - d) **Todos los seres vivos están formados por células y tienen genes y cromosomas.**

10.2.- Anexo II: Visualización de vídeos

SESIÓN 2:

Primera ley de Mendel: se visualiza un extracto del vídeo comprendido entre el minuto 3:13 y el minuto 4:16.

Think the Planet (28 de febrero de 2017). *Las Leyes de Mendel en 8 minutos* [Archivo de vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=cVl-86Sic-0>

SESIÓN 3:

Segunda ley de Mendel: se visualiza un extracto del vídeo comprendido entre el minuto 4:16 y el minuto 5:15.

Think the Planet (28 de febrero de 2017). *Las Leyes de Mendel en 8 minutos* [Archivo de vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=cVl-86Sic-0>

SESIÓN 4:

Tercera ley de Mendel: se visualiza un extracto del vídeo comprendido entre el minuto 5:15 y el minuto 7:14.

Think the Planet (28 de febrero de 2017). *Las Leyes de Mendel en 8 minutos* [Archivo de vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=cVl-86Sic-0>

Herencia intermedia y coodominancia: se visualiza un extracto del vídeo comprendido entre el minuto 1:10 y el minuto 3:10.

MultiChannel (2 de junio de 2018). *GENÉTICA NO MENDELIANA: Dominancia incompleta, codominancia, alelos múltiples...* [Archivo de vídeo]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=ko6pPmgrRsA&t=38s&ab_channel=MultiChannelMultiChannel

SESIÓN 5:

Experimento de T. H. Morgan: se visualiza el vídeo completo.

Perucultural Académco (1 de julio de 2017). *Ligamiento y recombinación genética en la mosca del vinagre* [Archivo de vídeo]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=UBTXBUwChu0&ab_channel=PeruculturalAcad%C3%A9mico

10.3.- Anexo III: Ejercicios de clase

SESIÓN 2:

Primera ley de Mendel: En los perros de la raza pastor alemán, las orejas rectas son dominantes frente a las orejas caídas. Representa el cruzamiento de una hembra homocigótica de orejas rectas con un macho homocigótico de orejas caídas con las probabilidades y porcentajes de los genotipos y fenotipos de la F_1 .

Respuesta:

$P:$ Hembra OO x Macho oo →

$F_1:$	O	O
o	Oo (1/4)	Oo (1/4)
o	Oo (1/4)	Oo (1/4)

Todos los individuos de la F_1 (100%) son heterocigóticos con el carácter dominante “orejas rectas”.

Segunda ley de Mendel: En los perros, el carácter de las orejas rectas es dominante frente a las orejas caídas, recesivo. Se cruzan una hembra y un macho heterocigóticos (F_1) de orejas rectas. Representa el esquema de este cruzamiento con las probabilidades y porcentajes de los genotipos y fenotipos de la F_2 .

Respuesta:

$F_1:$ Hembra Oo x Macho Oo →

$F_2:$	O	o
O	OO (1/4)	Oo (1/4)
o	Oo (1/4)	oo (1/4)

Los porcentajes de los genotipos de la descendencia serán 25% oo , 50% Oo y 25% OO , lo que se reflejará fenotípicamente como el 75% de la descendencia con orejas rectas y 25% con orejas caídas.

SESIÓN 3:

Tercera ley de Mendel: Además de tener en cuenta la “forma de las orejas” en la raza de perros pastor alemán, vamos a fijarnos en el pelaje, donde es dominante el pelo corto sobre el pelo largo. Cruzamos la siguiente pareja, una hembra y un macho (F_1), ambos heterocigóticos dominantes para ambos rasgos ($OoPp$). ¿Qué probabilidades genotípicas y fenotípicas tendrá su descendencia?

Respuesta:

F_1 : Hembra $OoPp$ x Macho $OoPp$

→

F_2 :	OP	Op	oP	op
OP	$OOPP$ (1/16)	$OOPp$ (1/16)	$OoPP$ (1/16)	$OoPp$ (1/16)
Op	$OOPp$ (1/16)	$OOpp$ (1/16)	$OoPp$ (1/16)	$Oopp$ (1/16)
oP	$OoPP$ (1/16)	$OoPp$ (1/16)	$ooPP$ (1/16)	$ooPp$ (1/16)
op	$OoPp$ (1/16)	$Oopp$ (1/16)	$ooPp$ (1/16)	$oopp$ (1/16)

La probabilidad de cada genotipo será: 1/16 $OOPP$, 1/8 $OOPp$, 1/8 $OoPP$, 1/4 $OoPp$, 1/16 $OOpp$, 1/8 $Oopp$, 1/16 $ooPP$, 1/16 $oopp$ y 1/8 $ooPp$. Por tanto, la probabilidad de cada fenotipo será: 9/16 orejas rectas y pelo corto, 3/16 orejas rectas y pelo largo, 3/16 orejas caídas y pelo corto y 1/16 orejas caídas y pelo largo

Leyes de Mendel: El alelo de ojos oscuros (“A”) es dominante frente al alelo de ojos claros (“a”), que es recesivo. Basándote en las leyes de Mendel, y pensando en una pareja que desea tener un bebé, contesta a las siguientes preguntas:

- a) ¿Existe la posibilidad de que el bebé tenga los ojos claros si ambos progenitores tienen los ojos oscuros? ¿Qué genotipos deberán presentar sus padres?

Respuesta: Sí. Genotipo de ambos progenitores: Aa

- b) ¿Cuál es la probabilidad de que el bebé tenga los ojos claros si el padre los tiene oscuros y la madre los tiene claros? ¿Y los ojos oscuros? Representa los porcentajes y probabilidades obtenidas en un cuadro.

Respuesta:

Si el padre tiene alelos homocigóticos para ojos oscuros (OO) el bebé siempre va a tener los ojos oscuros (Oo). Se cumple la primera ley de Mendel.

En caso de que el padre sea heterocigótico:

P : Madre oo x Padre Oo →

F_1 :	O	o
o	OO (1/4)	oo (1/4)
o	Oo (1/4)	oo (1/4)

Los porcentajes de los genotipos de la descendencia serán 50% oo , 25% Oo y 25% OO , lo que se reflejará fenotípicamente como el 50% de probabilidades de que el bebé tenga los ojos claros y el 50% de que los tenga oscuros.

SESIÓN 4:

Herencia intermedia: Queremos obtener plantas de la especie dondiego de noche con flores rosas. Para ello cruzamos dos ejemplares con las flores rosadas. Sorprendentemente, al observar su descendencia vemos que hemos obtenido plantas de flores rojas (“RR”), rosas (“Rr”) y blancas (“rr”), en proporción 1:2:1. ¿Cuáles son los genotipos y fenotipos de F₁ y F₂? Indica sus respectivas probabilidades y porcentajes.

Respuesta:

F₁: Rr x Rr →

F ₂ :	R	r
R	RR (1/4)	Rr (1/4)
r	Rr (1/4)	rr (1/4)

Todos los genotipos de F₁ (100%) serán Rr, por lo que todas las flores serán rosas. En el caso de los genotipos y fenotipos de la F₂ serán 25% rojas, 50% rosas y 25% blancas.

Codominancia: Una especie de ganado vacuno presentar pelaje negro (N), blanco (B), o con manchas negras y blancas (NB). Razona qué descendencia tendrá de cruzar un toro manchado con:

- a) Una vaca manchada.

Respuesta:

P: NB x NB →

F ₁ :	N	B
N	NN (1/4)	NB (1/4)
B	NB (1/4)	BB (1/4)

Se obtiene un 25% de terneros negros, un 50% de terneros manchados y un 25% de terneros blancos.

- b) Una vaca blanca.

Respuesta:

P: NB x BB →

F ₁ :	B	B
N	NB (1/4)	NB (1/4)
B	BB (1/4)	BB (1/4)

Se obtiene un 50% de terneros manchados y un 50% de terneros blancos.

- c) Una vaca negra.

Respuesta:

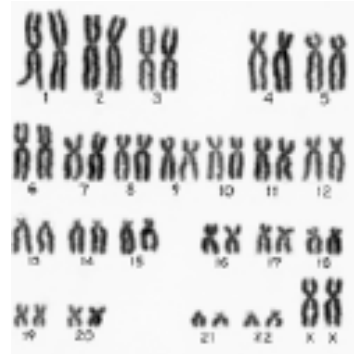
P: NB x NB →

F ₁ :	N	N
N	NN (1/4)	NN (1/4)
B	NB (1/4)	NB (1/4)

Se obtiene un 50% de terneros negro y un 50% de terneros manchados.

SESIÓN 6:

Cariotipo masculino y femenino: Observando las siguientes dos imágenes, identifica cuál pertenece al sexo masculino y cuál pertenece al sexo femenino:



* Aquí se observan las imágenes con los cromosomas numerados y señalando los cromosomas sexuales. Sin embargo, a los alumnos primero se les enseñará ambos cariotipos sin numerar ni nombrar los cromosomas.

Herencia ligada al sexo: Un gen recesivo ligado al sexo produce daltonismo en los hombres. Un hombre con visión normal tiene hijos con una mujer heterocigota portadora de daltonismo:

a) ¿Cómo serán los hijos?

Respuesta:

P: Madre portadora ($X^D X^d$) x Padre sano ($X^D Y$) →

$F_1:$	X^D	Y
X^D	$X^D X^d$ (1/4)	$X^D Y$ (1/4)
X^d	$X^D X^d$ (1/4)	$X^d Y$ (1/4)

Los porcentajes y proporciones de los genotipos de la descendencia serán: un 25% de hijas sanas, un 25% de hijas portadoras, un 25% de hijos sanos y un 25% de hijos daltónicos.

b) ¿Qué probabilidades hay de que tengan un varón daltónico?

Respuesta: un 25%.

c) ¿Y de una hija portadora de daltonismo?

Respuesta: un 25%.

SESIÓN 7:

Herencia ligada al sexo: Una mujer lleva en uno de sus cromosomas X un gen recesivo letal y en el otro el dominante normal. ¿Cuáles serán los genotipos de la descendencia de esta mujer con un hombre normal?

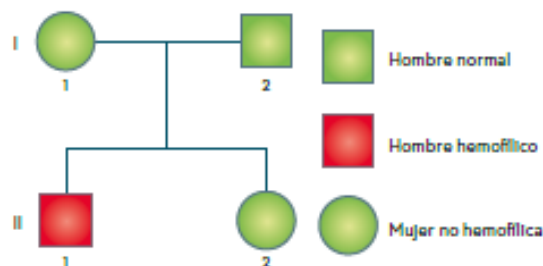
Respuesta:

P: Madre portadora ($X^L X^l$) x Padre sano (XY) →

$F_1:$	X^L	Y
X^L	$X^L X^L$ (1/4)	$X^L Y$ (1/4)
X^l	$X^L X^l$ (1/4)	$X^l Y$ (1/4)

Los porcentajes y proporciones de los genotipos de la descendencia serán: un 25% de hijas sanas, un 25% de hijas portadoras, un 25% de hijos sanos y un 25% de hijos no nacerán.

Herencia ligada al sexo: A partir del siguiente árbol genealógico, contesta estas preguntas:



- a) Si el primer hijo de II_2 con un hombre normal es hemofílico, ¿cuál es la probabilidad de tener un segundo hijo hemofílico?

Respuesta:

Para que el hijo sea hemofílico la madre debe ser portadora:

II_2 : Madre portadora $X^H X^h$ x Padre sano $X^H Y$ →

$III_2:$	X^H	Y
X^H	$X^H X^H$ (1/4)	$X^H Y$ (1/4)
X^h	$X^H X^h$ (1/4)	$X^h Y$ (1/4)

Por tanto, la probabilidad de tener un segundo hijo hemofílico es del 25%.

- b) Si II_1 decide tener un hijo con una mujer normal, no portadora de hemofilia, ¿cuál es la probabilidad de que su primer hijo sea hemofílico?

c) **Respuesta:**

II_1 : Padre portador $X^h Y$ x Madre sana $X^H X$ →

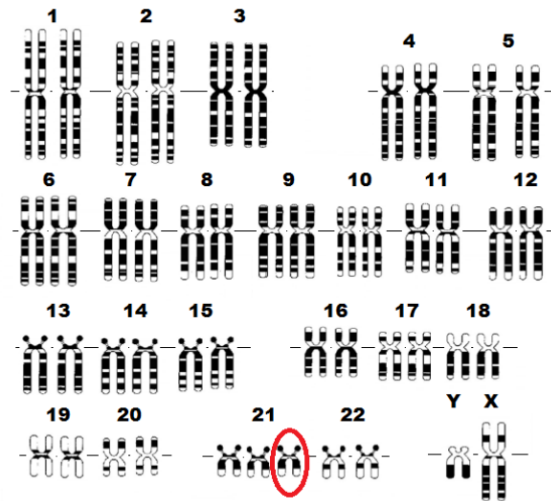
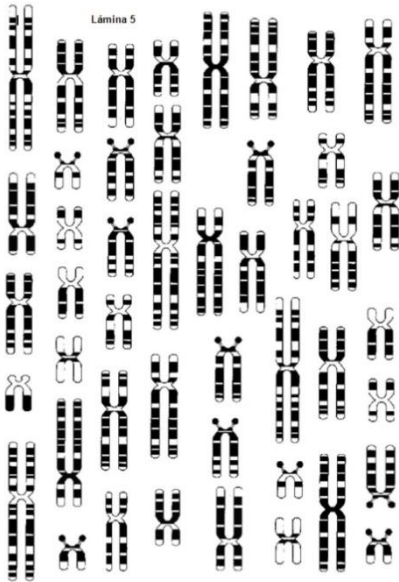
$III_2:$	X^H	X^H
X^h	$X^h X^H$ (1/4)	$X^h X^H$ (1/4)
Y	$X^H Y$ (1/4)	$X^H Y$ (1/4)

Por tanto, no existe la probabilidad de tener un hijo hemofílico (0%).

SESIÓN 8:

Ordenación del cariotipo: Ordena los siguientes cromosomas para formar un cariotipo humano y detecta qué anomalía genómica presenta. Después investiga acerca de dicha anomalía para saber qué enfermedad produce.

REALIZA EN LA LIBRETA EL IDIOGRAMA DEL SIGUIENTE INDIVIDUO Y HAZ UNA FICHA INDICANDO SEXO, PATOLOGÍA Y CUADRO CLÍNICO



10.4.- Anexo IV: Artículos de lectura para el debate

A continuación se exponen los artículos recomendados por el docente como lectura para la preparación del debate. Se recuerda que estos documentos son orientativos, el alumno debe sacar sus propias conclusiones y puede indagar más acerca de la información presente en estos textos.

1. Diéguez, A. (Junio 17, 2021). *El juego de Juan Manuel de Prada: 10 críticas a la teoría de la evolución explicadas*. El Confidencial. https://blogs.elconfidencial.com/cultura/tribuna/2021-06-17/teoria-evolucion-criticas-respuestas-prada_3134400/
2. López, J. C. (Junio 18, 2021). *El mayor experimento científico evolutivo realizado hasta ahora nos demuestra que la vida se abre camino a toda costa*. Xataka. <https://www.xataka.com/investigacion/mayor-experimento-cientifico-evolutivo-realizado-ahora-nos-demuestra-que-vida-se-abre-camino-a-toda-costa>
3. Criado, M. A. (Junio 8, 2021). *Unas pocas mutaciones protegen a los humanos del coronavirus de los dromedarios*. El País. <https://elpais.com/ciencia/2021-06-08/unas-pocas-mutaciones-protegen-a-los-humanos-del-coronavirus-de-los-dromedarios.html>
4. De Miguel, M. (Mayo 26, 2021). *La carrera por la creación de quimeras humanas*. El Mundo. <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/salud/2021/05/26/60ace598e4d4d8cd078b45a9.html>
5. Belluck, P. (Agosto 9, 2017). *¿Bebés a la carta gracias a la edición genética? Es poco probable*. The New York Times. <https://www.nytimes.com/es/2017/08/09/espanol/bebes-a-la-carta-gracias-a-la-edicion-genetica-poco-probable.html>
6. Ansele, M (Septiembre 3, 2020). *Una comisión abre la puerta a la modificación genética de los hijos para evitar enfermedades letales*. El País. <https://elpais.com/ciencia/2020-09-03/una-comision-abre-la-puerta-a-la-modificacion-genetica-de-los-hijos-para-evitar-enfermedades-letales.html>

10.5.- Anexo V: Prueba de autoevaluación

1. Imagina que trabajas en un invernadero y, por equivocación, has cruzado una planta homocigótica de tallo normal (TT) con una homocigótica de tallo enano (tt). Sabiendo que el tallo normal es un carácter dominante sobre el tallo enano, contesta a estas preguntas:

- a) ¿Cómo prevés que serán los genotipos y fenotipos de la generación F₁?

Respuesta:

$$P: \quad TT \quad \times \quad tt \quad \rightarrow$$

<i>F</i> ₁ :	<i>t</i>	<i>t</i>
<i>T</i>	<i>Tt</i> (1/4)	<i>Tt</i> (1/4)
<i>T</i>	<i>Tt</i> (1/4)	<i>Tt</i> (1/4)

Todos los individuos de la F₁ (100%) son heterocigóticos con el carácter dominante “tallo normal”.

- b) Si vuelves a cruzar los ejemplares de esa F₁, ¿cómo serán los genotipos y fenotipos de la F₂?

Respuesta:

$$P: \quad Tt \quad \times \quad Tt \quad \rightarrow$$

<i>F</i> ₁ :	<i>T</i>	<i>t</i>
<i>T</i>	<i>TT</i> (1/4)	<i>Tt</i> (1/4)
<i>t</i>	<i>Tt</i> (1/4)	<i>tt</i> (1/4)

Los porcentajes de los genotipos de la descendencia serán 25% tt, 50% Tt y 25% TT, lo que se reflejará fenotípicamente como el 75% de la descendencia con tallo normal y 25% con tallo enano.

Representa los resultados en un cuadro de Punnett, indicando porcentajes y probabilidades de las combinaciones.

2. Mendel cruzó plantas de flor color púrpura (P) y tallo largo (L), caracteres dominantes, frente a plantas de flor blanca (p) y tallo corto (l), recesivos. Deduce el porcentaje de los genotipos de su descendencia.

Respuesta:

Si en el caso de la planta púrpura con tallo largo ambos alelos para cada carácter son dominantes (PP y LL), entonces el 100% de la descendencia será heterocigótica (PpLl) para ambos caracteres y, por tanto, también serán púrpuras de tallo largo.

$$F_1: \quad PPLL \quad \times \quad ppll \quad \rightarrow \quad PpLl \quad (100\%)$$

Sin embargo si la planta púrpura de tallo largo presenta ambos caracteres en heterocigosis entonces:

$$F_1: \text{ pp ll } \times \text{ Pp Ll } \rightarrow$$

$F_2:$	PL	Pl	pL	pl
pl	PpLl (1/4)	Ppll (1/4)	ppLl (1/4)	ppll (1/4)

La probabilidad de cada genotipo será: un 25% de plantas púrpuras de tallo largo, un 25% de plantas púrpuras de tallo corto, un 25% de plantas blancas de tallo largo y un 25% de plantas blancas de tallo corto.

$$F_1: \text{ pp ll } \times \text{ PPLl } \rightarrow$$

$F_2:$	PL	Pl
pl	PpLl (1/2)	Ppll (1/2)

En este caso, las probabilidades de cada genotipo serán: un 50% de plantas púrpuras de tallo largo y un 50% de tallo corto.

$$F_1: \text{ pp ll } \times \text{ Pp LL } \rightarrow$$

$F_2:$	PL	pL
pl	PpLl (1/2)	ppLl (1/2)

En este caso, las probabilidades de cada genotipo serán: un 50% de plantas púrpuras de tallo largo y un 50% de plantas blancas de tallo largo.

3. Se sabe que el pelo ondulado es la expresión fenotípica de un genotipo heterocigótico compuesto por el emparejamiento de un alelo que se corresponde con pelo liso y otro que se corresponde con el pelo rizado. Un hombre y una mujer, ambos con pelo ondulado, van a tener hijos. Calcula la probabilidad de que su descendencia tenga:

a) El pelo liso.

Respuesta:

$P:$ Hombre Ll x Mujer Ll \rightarrow

$F_1:$	L	l
L	LL (1/4)	Ll (1/4)
l	Ll (1/4)	ll (1/4)

La probabilidad de tener descendencia con el pelo liso es del 50%.

b) El pelo ondulado.

Respuesta: 50%

c) El pelo rizado.

Respuesta: 25%

4. Un hombre con el grupo sanguíneo B⁺, cuyo padre era O⁻, se casa con una mujer con el grupo AB⁻. ¿Cuál es el porcentaje teórico de probabilidades de que sus hijos presenten el grupo sanguíneo B⁺?

Respuesta:

Si el padre del hombre presentaba el grupo O⁻ (oodd) quiere decir que el hombre debe presentar el genotipo BoDd.

P: Mujer ABdd x Hombre BoDd →

<i>F_I:</i>	<i>BD</i>	<i>Bd</i>	<i>oD</i>	<i>od</i>
<i>Ad</i>	<i>ABDd</i> (1/8)	<i>ABdd</i> (1/8)	<i>AoDd</i> (1/8)	<i>Aodd</i> (1/8)
<i>Bd</i>	<i>BBdD</i> (1/8)	<i>BBdd</i> (1/8)	<i>BoDd</i> (1/8)	<i>Bodd</i> (1/8)

La probabilidad de que sus hijos presenten el grupo sanguíneo B⁺ es de un 25% (1/8 BBdD + 1/8 BoDd).

5. Se cruzan unas flores de tipo A de color rojo dominante con unas flores de tipo B de color blanco dominante para producir unas flores tipo AB de color rojo con manchas blancas ya que ambos caracteres son codominantes. ¿Qué genotipos y fenotipos presentará la descendencia de los siguientes cruzamientos?

a) Una flor manchada con una flor blanca.

Respuesta:

P: AB x BB →

<i>F_I:</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
<i>A</i>	<i>AB (1/4)</i>	<i>AB (1/4)</i>
<i>B</i>	<i>BB (1/4)</i>	<i>BB (1/4)</i>

Se obtiene un 50% de flores manchadas y un 50% de flores blancas.

b) Una flor manchada con una flor roja.

Respuesta:

P: AB x AA →

<i>F_I:</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
<i>A</i>	<i>AA (1/4)</i>	<i>AA (1/4)</i>
<i>B</i>	<i>AB (1/4)</i>	<i>AB (1/4)</i>

Se obtiene un 50% de flores manchadas y un 50% de flores rojas.

c) Dos flores manchadas.

Respuesta:

P: AB x AB →

<i>F_I:</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>A</i>	<i>AA (1/4)</i>	<i>AB (1/4)</i>
<i>B</i>	<i>AB (1/4)</i>	<i>BB (1/4)</i>

Se obtiene un 25% de flores blancas, un 50% de flores manchadas y un 25% de flores rojas.

Representa los resultados en un cuadro de Punnett, indicando porcentajes y probabilidades de las combinaciones.

6. ¿Cómo será genotípica y fenotípicamente la descendencia de una mujer sana cuyo padre era hemofílico con un hombre hemofílico?

Respuesta:

Si el padre era hemofílico quiere decir que presentaba el genotipo X^hY y, por tanto, la mujer sana en realidad es portadora de la enfermedad (X^HX^h). Entonces la descendencia será:

F_1 : Mujer portadora X^HX^h x Hombre hemofílico $X^hY \rightarrow$

F_2 :	X^h	Y
X^H	X^HX^h (1/4)	X^HY (1/4)
X^h	X^hX^h (1/4)	X^hY (1/4)

Los porcentajes y proporciones de los fenotipos de la descendencia serán: un 25% de hijas portadoras, un 25% de hijas hemofílicas, un 25% de hijos sanos y un 25% de hijos hemofílicos.

7. Un hombre que padece cierta enfermedad genética tiene dos hijas y dos hijos con una mujer sana. Las dos hijas padecen la enfermedad del padre; sin embargo, ninguno de los hijos la tiene. ¿A qué tipo de herencia te parece que responde la enfermedad del padre?

Respuesta:

Se corresponde con una enfermedad genética ligada al sexo, concretamente al cromosoma X. Los hijos no heredan la enfermedad porque heredan del padre el cromosoma Y. Sin embargo, como las hijas sí heredan el cromosoma X del padre, también heredan el gen que conlleva la enfermedad y que está ligado a ese cromosoma.

8. La acondroplasia es una anomalía determinada por un gen autosómico que produce un tipo de enanismo. Supongamos que una pareja en la que ambos progenitores muestran la enfermedad tienen dos hijos, uno la padece también y el otro no.

a) Razona si la acondroplasia se trata de herencia dominante o recesiva.

Respuesta:

La enfermedad debe de ser dominante, ya que si fuese recesiva los progenitores deberían mostrar sus alelos homocigóticos y, por tanto, es imposible que los genotipos de sus hijos fuesen diferentes.

$P: ee \times ee \rightarrow F_1: ee$ (100%)

Es decir, el alelo que marca la enfermedad (E) es dominante y el que marca el estar sano (e) es recesivo.

b) ¿Cuál es la probabilidad de que su próximo descendiente no sufra la enfermedad?

Respuesta:

Como se trata de una herencia dominante los padres deben ser heterocigóticos ambos (Ee) para que un hijo sea sano (ee).

P: Ee x Ee →

<i>F₁:</i>	<i>E</i>	<i>e</i>
<i>E</i>	<i>EE (1/4)</i>	<i>Ee (1/4)</i>
<i>e</i>	<i>Ee (1/4)</i>	<i>ee (1/4)</i>

La probabilidad de que su próximo hijo no sufra la enfermedad es de un 25% (ee).

10.6.- Anexo VI: Prueba de evaluación final

EXAMEN UNIDAD DIDÁCTICA 3: BASES DE LA HERENCIA

Nombre:		Fecha:	
Apellidos:		Calificación:	

El examen tiene un valor total de 10 puntos y el valor de cada pregunta aparece señalado al final del enunciado. Lee atentamente las preguntas del examen con paciencia y tranquilamente, es lo que hemos trabajado en clase. Recuerda, las faltas de ortografía pueden restar hasta un punto de la nota, así que cuida tu escritura. ¡SUERTE!

1. Responde si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: **(1 punto)**

	V	F
Al envejecer, tu pelo se vuelve blanco y tu fenotipo cambia.		X
Un par de cromosomas homólogos proceden uno de la madre y otro del padre.	X	
La complejidad de un organismo depende de la cantidad de material genético.		X
La trisomía en la pareja de cromosomas sexuales (XXY) da lugar a una enfermedad genética denominada síndrome de Turner.		X
El sexo en todas las especies de seres vivos siempre viene determinado por los cromosomas sexuales.		X
Dos personas con el mismo fenotipo pueden presentar distinto genotipo.	X	
Los genes determinan todo, desde el sexo hasta todas las enfermedades que vas a padecer.		X
El cariotipo del ser humano se compone de 23 pares de cromosomas.	X	
Un alelo dominante es aquel que se manifiesta tanto en homocigosis como en heterocigosis.	X	

2. Enuncia y explica brevemente las leyes de Mendel. **(1.5 punto)**

Respuesta:

I.- Primera ley de Mendel: uniformidad de los híbridos de la primera generación.

Al cruzar dos variantes puras se origina descendencia uniforme, en genotipo y fenotipo:

P: OO x oo → Oo (100%)

II.- Segunda ley de Mendel: segregación de caracteres de la segunda generación filial.

El cruzamiento de 2 individuos de la primera generación filial (Oo) dará lugar a una segunda en la cual reaparecerá el fenotipo y genotipo del individuo recesivo (oo):

F₁: Oo x Oo → F₂: 75% carácter dominante (25% OO + 50% Oo) y 25% recesivo (oo).

III.- Tercera ley de Mendel: independencia y libre combinación de factores hereditarios.

Los alelos de un gen se heredan de forma independiente y se combinan al azar y de todas las formas posibles con otros alelos en la descendencia:

$F_1: OoPp \times OoPp \rightarrow$

$F_2:$	OP	Op	oP	op
OP	OOPP (1/16)	OOPp (1/16)	OoPP (1/16)	OoPp (1/16)
Op	OOPp (1/16)	OOpp (1/16)	OoPp (1/16)	Oopp (1/16)
oP	OoPP (1/16)	OoPp (1/16)	ooPP (1/16)	ooPp (1/16)
op	OoPp (1/16)	Oopp (1/16)	ooPp (1/16)	oopp (1/16)

3. ¿En qué se diferencia el ligamiento entre genes de la recombinación genética? (0.5 puntos)

Respuesta:

El ligamiento de genes se debe a que dos genes que se encuentran muy próximos dentro del mismo cromosoma tienden a heredarse juntos. Sin embargo, la recombinación genética consiste en un intercambio de fragmentos de material genético entre cromosomas durante la meiosis que provoca que genes muy próximos puedan heredarse por separado.

4. ¿Qué es una mutación? Enuncia los tipos que existen. (1 punto)

Respuesta:

Una mutación genética es cualquier cambio que altere la secuencia de nucleótidos del ADN. Hay tres tipos: génica, cromosómica y genómica.

5. ¿Cómo puede un error en la meiosis originar gametos con un número anómalo de cromosomas? Explícalo para el caso del síndrome de Down y describe en qué consiste y características de esta enfermedad. (1 punto)

Respuesta:

El síndrome de Down se debe a que en el par de cromosomas 21 en lugar de haber 2 cromosomas, hay 3 (trisomía 21). Esto se debe a que durante la meiosis, cuando cada cromosoma de cada pareja debe separarse a su respectiva célula hija, el par 21 no se separan y van juntas a una de las células hija. De esta forma, el gameto (ovocito o espermatozoide) resultante tendrá 24 cromosomas en lugar de 23.

Los individuos que padecen esta enfermedad tienen cierto retraso psíquico en grado variable y presentan unos rasgos físicos característicos, como un pliegue en el párpado o baja estatura. Además, también tienen predisposición a padecer leucemia y enfermedades cardíacas.

6. En humanos, el gen que determina el color oscuro de pelo es dominante (P) frente al color claro (p), y el gen que determina el color oscuro de ojos (O) es dominante sobre el de los ojos claros (o). Un hombre de ojos oscuros y pelo oscuro y una mujer también de pelo oscuro, pero de ojos claros, tuvieron dos hijos. Uno de ellos, tiene el pelo claro y los ojos oscuros, y el otro tiene el pelo oscuro y los ojos claros. Representa el cruzamiento, indicando los genotipos y fenotipos, así como las probabilidades de los genotipos de la descendencia. (1 punto)

Respuesta:

Como cada hijo muestra al menos un carácter recesivo (pelo claro el primero y ojos claros el segundo), quiere decir que los padres deben de ser heterocigóticos para aquellos caracteres dominantes que muestran:

P: Madre ooPp x Padre OoPp →

F ₂ :	OP	Op	oP	op
oP	OoPP (1/8)	OoPp (1/8)	ooPP (1/8)	ooPp (1/8)
op	OoPp (1/8)	Oopp (1/8)	ooPp (1/8)	oopp (1/8)

La probabilidad de cada genotipo será: 1/8 OoPP, 1/4 OoPp, 1/8 ooPP, 1/4 ooPp, 1/8 Oopp y 1/8 oopp. Por tanto, la probabilidad de cada fenotipo será: 3/8 de pelo oscuro y ojos oscuros, 3/8 de pelo oscuro y ojos claros, 1/8 de pelo claro y ojos oscuros y 1/8 de pelo claro y ojos claros.

7. Un hombre del grupo sanguíneo B es llevado a juicio por la supuesta paternidad de un niño de grupo sanguíneo O. La madre es el grupo sanguíneo A. Responde a las siguientes preguntas:

- a) Explica el fenómeno genético que determina el grupo sanguíneo en las personas. (0.5 puntos).

Respuesta:

El sistema sanguíneo ABO está determinado genéticamente por 3 alelos, A, B y O, con la particularidad de que los alelos A y B son codominantes entre ellos y dominantes sobre el alelo O. Este fenómeno genético se denomina alelismo múltiple por el cual un único carácter se determina por más de un alelo.

- b) Razona si es posible que ese hombre sea el padre, indicando los genotipos de los progenitores (1 punto)

Respuesta:

Sí que es posible que el hombre sea el padre si se cumple que el genotipo del mismo sea B_o y el de la madre A_o . De este modo, hay un 25% de posibilidades de que in supuesto bebé entre ambos tenga el grupo sanguíneo O (oo).

- c) ¿Qué genotipo debe presentar el hombre para descartar su paternidad? (0.5 puntos)

Respuesta:

Si el hombre presentase un genotipo homocigótico BB , es imposible que un descendiente suyo presente el grupo sanguíneo O .

8. La atrofia óptica es una enfermedad determinada por un gen (a) ligado al cromosoma X . Una pareja en la que ambos tienen visión normal tiene una descendencia en la que el 50% de los hijos varones padecen atrofia óptica.

- a) ¿Cuál es el genotipo de los progenitores? (1 punto)

Respuesta:

Dado que la enfermedad se produce en la mitad descendencia masculina, la madre debe ser portadora de la enfermedad ($X^A X^a$). De esta forma, la madre no padece problemas de visión pero sí puede transmitir la anomalía en la mitad de los casos. En este caso el genotipo del padre no es influyente porque los varones heredan de su parte el cromosoma Y , que no tiene ligado ningún gen problemático.

$P:$ $X^A X^a$ \times $X^A Y$ \rightarrow

$F_1:$	X^A	Y
X^A	$X^A X^A$ (1/4)	$X^A Y$ (1/4)
X^a	$X^A X^a$ (1/4)	$X^a Y$ (1/4)

Como observamos en la tabla la mitad de los varones presentarán el genotipo que provoca la enfermedad ($X^a Y$) independientemente de si el padre es portador o no.

- b) ¿Por qué no nacen hijas con atrofia óptica? (1 punto)

Respuesta:

Como hemos visto con el fenotipo de la madre que solo es portadora, para padecer la enfermedad es necesario tener el gen ligado a ambos cromosomas. Se trata de una enfermedad con carácter recesivo. Por tanto, si no nacen hijas con atrofia óptica quiere decir que el padre no es portador ($X^A Y$) y no es posible que ellas hereden dos cromosomas X con el gen perjudicial.