



## Trabajo Fin de Máster

En Profesorado de E.S.O., F.P. y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas

Especialidad de Biología y Geología

# Gamificación en el aula: el azar de las enfermedades genéticas

*Gamification in the classroom: the chance of genetic diseases*

Autora

Lucía Santas Lajusticia

Directora

Ester Mateo González

FACULTAD DE EDUCACIÓN

2017/2018

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Presentación personal</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Contexto del centro donde se han realizado los Practicum I, II, III</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Presentación del trabajo</b>	<b>3</b>
<b>2. ANÁLISIS CRÍTICO DE DOS ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Biología y Geología</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Contenidos disciplinares en Biología</b>	<b>4</b>
<b>3. PROPUESTA DIDÁCTICA</b>	<b>4</b>
<b>3.1. Título y nivel educativo</b>	<b>4</b>
<b>3.2. Evaluación inicial</b>	<b>4</b>
<b>3.3. Objetivos</b>	<b>6</b>
<b>3.4. Justificación</b>	<b>7</b>
<b>4. ACTIVIDADES</b>	<b>11</b>
<b>4.1. Contexto y participantes</b>	<b>11</b>
<b>4.2. Competencias clave</b>	<b>11</b>
<b>4.3. Metodología empleada</b>	<b>12</b>
<b>4.3.1. Justificación</b>	<b>12</b>
<b>4.3.2. Papel del profesor y del alumno</b>	<b>15</b>
<b>4.4. Actividades</b>	<b>15</b>
<b>4.4.1. Organización de la secuencia</b>	<b>15</b>
<b>4.4.2. Materiales y recursos</b>	<b>16</b>
<b>4.4.3. Desarrollo</b>	<b>17</b>
<b>5. EVALUACIÓN FINAL</b>	<b>29</b>
<b>5.1. Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias clave</b>	<b>29</b>
<b>5.2. Procedimientos e instrumentos de evaluación</b>	<b>30</b>
<b>6. CRITERIOS DE CALIFICACIÓN</b>	<b>31</b>
<b>7. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA</b>	<b>31</b>
<b>7.1. Conclusiones</b>	<b>31</b>
<b>7.2. Evaluación de la propuesta didáctica por parte de los alumnos y alumnas</b>	<b>34</b>
<b>7.3. Evaluación propia de la propuesta didáctica</b>	<b>36</b>
<b>7.4. Propuestas de mejora</b>	<b>36</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>37</b>
<b>9. ANEXOS</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Presentación personal

El presente documento consiste en un Trabajo de Fin de Máster de Profesorado en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato dentro de la modalidad de Biología y Geología, durante el curso 2017/2018.

Comenzaré dicho Trabajo de Fin de Máster realizando una breve presentación y explicando los motivos por los que he cursado dicho máster. En relación con la formación académica, soy graduada en Geología y poseo el título de Máster en Geología: Técnicas y Aplicaciones. Cuando acabé la carrera, no pensaba en dedicarme a la docencia, puesto que no entraban dentro de mis planes para poder cursar un doctorado y acabar siendo investigadora dentro del campo de la Geología. Al finalizar el máster, y tras meditarlo detenidamente, decidí realizar el presente máster para poder explorar nuevas oportunidades laborales con el que, sin él, iba a ser incapaz de optar.

El máster me ha permitido adquirir conocimientos sobre pedagogía y dotarme de los instrumentos necesarios para poder ejercer la labor del docente. Las prácticas realizadas en el centro han sido de gran importancia y utilidad para poder reunir dichos conocimientos y herramientas, a la vez que adquiría un mínimo de experiencia sobre la realidad de la enseñanza.

### 1.2. Contexto del centro donde se han realizado los Practicum I, II, III

El Instituto Ramón y Cajal es un centro educativo público perteneciente al ámbito de gestión del Gobierno de Aragón. En él se imparten las enseñanzas de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, en sus modalidades de Ciencias Humanas y Sociales y Ciencias y Tecnología, y tres Programas de Cualificación Especial: Fabricación y Montaje, Agro-jardinería y Composiciones florales, y Lavandería y Arreglos textiles. Estos programas están dirigidos preferentemente a jóvenes escolarizados como alumnos con necesidades educativas especiales de quince a veintiún años de edad, cumplidos en el año natural en el que se inicie el programa.

El entorno social y económico en que se ubica el centro corresponde a una población muy heterogénea, que incluye a familias de clase media y un buen número de familias de bajo nivel socioeconómico. En todos los casos, se aprecia una apuesta de las familias y del alumnado por la opción pública de enseñanza.

Sus centros de adscripción son: Colegio Público Joaquín Costa, Colegio Público Santo Domingo, Colegio Público Moreno Calvete y Colegio Público Juan XXIII.

El centro educativo acoge a jóvenes que presentan una gran diversidad cultural, social y económica que provienen de múltiples sistemas educativos extranjeros. Así, en Educación Secundaria Obligatoria, estos estudiantes constituyen en la actualidad alrededor de un 40% de los matriculados en esta etapa. El nivel educativo de acceso al centro también presenta una alta heterogeneidad, sobre todo en los alumnos de incorporación tardía.

Esta elevada diversidad curricular, social, económica y, en el fondo de intereses personales, configura, en esencia, la vida académica del Instituto.

### **1.3. Presentación del trabajo**

El trabajo que se desarrolla en el presente trabajo tiene relación con la experiencia en las prácticas realizadas en el IES Ramón y Cajal con los alumnos de 4º de ESO, concretamente, con la unidad didáctica llevada a cabo durante la realización de las mismas y con el proyecto de innovación llevado a cabo.

## **2. ANÁLISIS CRÍTICO DE DOS ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER**

### **2.1. Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Biología y Geología**

Esta asignatura pretende que el alumnado conozca los distintos tipos de actividades que pueden aplicarse a la Educación Secundaria y al Bachillerato durante el proceso de enseñanza y aprendizaje en Biología y Geología, permitiendo que los estudiantes sean capaces de diseñar, seleccionar y organizar actividades en función de las características del medio didáctico en el que se pretenden desarrollar. Para lograrlo, ha sido fundamental el análisis crítico de las actividades, de sus características específicas, de las dificultades de aplicación, de las posibilidades de adaptación a distintos contextos didácticos, etc.

Una de las actividades individuales llevadas a cabo ha consistido en realizar y exponer como parte de la asignatura una propuesta didáctica y la realización de un póster en la que debían de aparecer bien definidos los objetivos, contenidos y actividades con su correspondiente justificación didáctica, las técnicas de evaluación, el tiempo y los recursos empleados, la cita de las referencias bibliográficas utilizadas, así como una reflexión personal sobre su aplicación a lo largo del periodo de prácticas en los centros escolares.

Esta actividad ha resultado enriquecedora a nivel práctico, ya que ha permitido adquirir las herramientas necesarias para diseñar y planificar actividades aptas para los estudiantes, y, además, ha permitido orientar el presente trabajo de forma progresiva

## 2.2. Contenidos disciplinares en Biología

Esta asignatura pretende revisar los contenidos científicos de Biología que comprenden las diferentes asignaturas que pueden impartirse desde la especialidad, tanto en la Educación Secundaria como en el Bachillerato.

Por ello, el sentido de esta asignatura radica en la necesidad de cubrir un mínimo de conocimientos biológicos para aquellos alumnos cuya titulación de acceso sea diferente a la de Graduado en Biología y, así, entender los principales conceptos de esta ciencia. Además, también ha permitido adquirir conocimientos básicos para las oposiciones de Profesor de Educación Secundaria y Bachillerato.

Así, el objetivo que pretende alcanzar es que los estudiantes asimilen los principios básicos de Biología y se utilicen como herramienta fundamental para comprender los textos necesarios a la hora de impartir docencia y proponer actividades al alumnado.

La asignatura en su conjunto ha sido de gran utilidad durante el desarrollo de las prácticas, puesto que ha permitido asentar los conocimientos conceptuales que posteriormente, a partir de las clases magistrales y las actividades, se ha podido trasmisir a los estudiantes.

## 3. PROPUESTA DIDÁCTICA

### 3.1. Título y nivel educativo

La propuesta didáctica se enmarca dentro de los contenidos de Biología y Geología de 4º de ESO, dentro del bloque 1, estipulados en la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo. Concretamente, los temas que se van a tratar tienen relación con la herencia biológica, genética humana y enfermedades genéticas. Cabe destacar que no es hasta este curso que dan contenidos relacionados con la herencia biológica y la genética humana, por lo que va a ser muy importante la adquisición y consolidación de estos conocimientos.

Por su parte, dicha propuesta didáctica tiene por título “Gamificación en el aula: el azar de las enfermedades genéticas”.

### 3.2. Evaluación inicial

Según Casanova (2007), la evaluación inicial es aquella que se aplica al comienzo de un proceso evaluador, en la que se detecta la situación de partida de los estudiantes que posteriormente van a seguir su formación. Esta situación de partida se puede presentar en dos situaciones:

- Cuando un alumno llega nuevo a un centro, ya sea por empezar una etapa escolar o bien para continuarla en un centro diferente.

- Cuando se comienza el proceso de un aprendizaje concreto.

En este último caso, la función de la evaluación inicial será detectar las ideas previas que el alumnado posee sobre el tema que se va a impartir. De la misma manera, también se pondrá de manifiesto la actitud del alumno frente a un tema y el dominio de los procedimientos que van a ser necesarios para su desarrollo. A partir de la información obtenida, se adapta la unidad didáctica a los conocimientos generales del grupo-clase con la finalidad de que todos alcancen los objetivos estipulados para poder seguir el proceso de aprendizaje (Casanova, 2007).

Como dice Casanova (2007), “sin una evaluación inicial falta el conocimiento previo que es preciso poseer de una persona en pleno desarrollo para poder adecuar la enseñanza a sus condiciones de aprendizaje, y cumplir de esta forma la función reguladora que hemos asignado a la evaluación”.

En el caso de esta propuesta didáctica, la elección de elaborar una evaluación inicial (anexo I) está relacionada con el segundo caso expuesto anteriormente, ya que, al coincidir con el comienzo del Practicum II y III y su desconocimiento sobre la herencia biológica y genética humana, era necesario tener información sobre los conocimientos que previamente han adquirido en relación con la genética, las ideas previas existentes frente a la herencia biológica y la genética humana y la actitud de cada estudiante frente a las unidades que se iba a abordar.

Según el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria, y en relación con los contenidos de herencia biológica y genética humana, los estudiantes de 4º de ESO deberían tener los conocimientos que se exponen en la siguiente tabla (tabla 1). La adquisición y consolidación de estos conocimientos de forma previa les resultará de gran utilidad para entender las bases de la herencia biológica y de la genética humana.

**Tabla 1:** Relación de los conocimientos adquiridos a lo largo de los cursos de 1º, 3º y 4º E.S.O. en las asignaturas de Biología y Geología.

Curso	Conocimientos
1º ESO	Reconocer que los seres vivos están constituidos por células y determinar las características que los diferencian de la materia inerte.
3º ESO	Catalogar los distintos niveles de organización de la materia viva: células, tejidos, órganos y aparatos o sistemas y diferenciar las principales estructuras celulares y sus funciones.
3º ESO	Descubrir, a partir del conocimiento del concepto de salud y enfermedad, los factores que los determinan.
	Clasificar las enfermedades y valorar la importancia de los estilos de vida para prevenirlos.
	Recopilar información sobre las técnicas de reproducción asistida y de fecundación <i>in vitro</i> , para

	argumentar el beneficio que supuso este avance científico para la sociedad.
4º ESO	Determinar las analogías y diferencias en la estructura de las células procariotas y eucariotas, interpretando las relaciones evolutivas entre ellas.
	Identificar el núcleo celular y su organización según las fases del ciclo celular a través de la observación directa o indirecta.
	Comparar la estructura de los cromosomas y de la cromatina.
	Formular los principales procesos que tienen lugar en la mitosis y meiosis y revisar su significado e importancia biológica.
	Comparar los tipos y composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función.
	Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética y el proceso de transcripción.

### 3.3. Objetivos

La enseñanza de Biología y Geología en la Educación Secundaria Obligatoria, en relación con la propuesta didáctica, tendrá como finalidad el desarrollo de las siguientes capacidades según la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo:

Obj.BG.1. Reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para la mejora de las condiciones de existencia de los seres humanos y apreciar la importancia de la formación científica.

Obj.BG.2. Conocer los fundamentos del método científico, así como estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias (discusión del interés de los problemas planteados, formulación de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales y análisis de resultados, consideración de aplicaciones y repercusiones dentro de una coherencia global) y aplicarlos en la resolución de problemas. De este modo, comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de la Biología y la Geología para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones (culturales, económicas, éticas, sociales, etc.) que tienen tanto los propios fenómenos naturales como el desarrollo técnico y científico, y sus aplicaciones.

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

Obj.BG.4. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las Tecnologías de la Información y la Comunicación, y emplear dicha información para

fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos, valorando su contenido y adoptando actitudes críticas sobre cuestiones científicas y técnicas.

Obj.BG.5. Adoptar actitudes críticas, fundamentadas en el conocimiento científico para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas y tecnológicas, contribuyendo así a la asunción para la vida cotidiana de valores y actitudes propias de la ciencia (rigor, precisión, objetividad, reflexión lógica, etc.) y del trabajo en equipo (cooperación, responsabilidad, respeto, tolerancia, etc.).

A continuación, se concretan los objetivos conceptuales y actitudinales propios que se pretende alcanzar para la propuesta didáctica:

- Conocer los conceptos básicos de la genética mendeliana y aplicar las leyes de Mendel en la resolución de problemas de genética e interpretación de árboles genealógicos.
- Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, relacionando tanto el papel en la evolución como en las enfermedades.
- Entender la herencia del sexo y resolver problemas prácticos sobre la herencia del sexo y la herencia ligada al sexo.
- Conocer la herencia de algunas enfermedades que afectan a los seres humanos e identificar las enfermedades hereditarias más frecuentes y su alcance social.
- Potenciar la conciencia científica y enmarcar la labor científica dentro de su contexto social, ético y político amplio.
- Conocer las nuevas tecnologías utilizadas en la identificación de genes involucrados.
- Describir las pruebas prenatales y de portadores.
- Aumentar la conciencia sobre las cuestiones que surgen de los avances de la genética humana.
- Desarrollar y potenciar la conciencia ética, moral, el respeto hacia la diversidad de opiniones, la capacidad de comunicación y la confianza.
- Desarrollar la capacidad de trabajar en equipo y la capacidad de expresar de forma oral y escrita la naturaleza y los efectos de algunas enfermedades hereditarias, las nuevas tecnologías utilizadas en la identificación de los genes involucrados, las pruebas prenatales y de portadores, y algunas cuestiones que surgen en los avances en la genética.

Los procedimientos que se llevaron a cabo, atendiendo a la clasificación realizada por De Pro (2013), tendría que ver con la identificación de problemas y el análisis de datos y de situaciones. Las alumnas y alumnos deberán:

- Reconocer la situación problemática.
- Identificar las partes del problema.
- Identificar e interpretar los datos y variables.
- Justificar y argumentar basado en las evidencias.

Por otro lado, con respecto a las destrezas comunicativas, los estudiantes deben:

- Identificar y analizar ideas e información en material escrito.
- Contrastar ideas.
- Buscar información guiada y no guiada en diferentes materiales.
- Elaborar un informe (en este caso, responder a las cuestiones de la hoja 2) a partir de cuestiones concretas y preguntas abiertas, además de argumentar cada una de las decisiones tomadas.

### 3.4. Justificación (marco teórico)

El estudio de la herencia biológica es un punto central dentro de 4º de ESO. En general, es en este curso cuando se profundiza en el estudio de temas como la división celular, árboles genealógicos, herencia mendeliana, etc. Estos temas son importantes en la formación del alumnado, tanto a nivel científico como a nivel personal, ya que ayudará a los estudiantes a reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para la mejora de las condiciones del ser humano, a apreciar la importancia de la formación científica, a utilizar actitudes propias del pensamiento científico adoptando una actitud crítica ante los problemas que se planteen, a valorar el conocimiento científico como un proceso de construcción que depende de las necesidades de la sociedad en la que vive y del momento histórico, político y social y que está sometido a un constante cambio y revisión. (Abril, Muela y Quijano, 2002; Caballero, 2008; Rodríguez, 1995).

Es debido a estas implicaciones socioculturales que los ciudadanos y, en esencia, los estudiantes deben ser capaces de manejar este tipo de información para poder tomar parte en las discusiones que se generan en el ámbito de la genética, como puede ser la clonación o el uso de alimentos transgénicos. Pero asimilar la gran cantidad de información que aporta la investigación en genética sólo es posible si se adquiere con un modelo básico en el que se puedan integrar todas estas nuevas aportaciones (Garrido y González, 2017; Caballero, 2008, Verhoeff y Jan, 2009, citado en García, Quinto y Martínez, 2015).

Sin embargo, la genética es uno de los apartados de la Biología más difíciles de entender por el alumno y de los que reúne mayor dificultad conceptual. Como se ha puesto de manifiesto en algunas investigaciones didácticas, los alumnos tienen dificultades para entender muchos de los conceptos de genética, así como acerca de los mecanismos relacionados con la trasmisión de la herencia biológica (Figini y Micheli, 2005, citado en Caballero, 2008; Garrido y González, 2017; Smith, 1988, citado en Íñiguez y Puigcerver, 2013; Johnstone y Mahmoud, 1980; Rodríguez, 1995) Por otra parte, es uno de los temas que pueden llegar a motivar al alumnado en mayor medida, ya que éstos encuentran aplicaciones en la vida real (*p.e.* alimentos transgénicos, test genéticos, el uso del ADN en criminología, la determinación de la paternidad, etc.) (Caballero, 2008; Íñiguez y Puigcerver, 2013).

Estudios recientes coinciden en caracterizar la enseñanza generalizada de la genética como un tipo de enseñanza básicamente transmisiva en el que se da mucho peso a la memorización de conceptos y menos importancia a la adquisición de procedimientos o actitudes científicas (Momsen *et al.*, 2010, Chavarría *et al.* 2012, citado en García, Quinto y Martínez, 2015). Para intentar frenar esta tendencia en la enseñanza de las ciencias, en la actualidad existe un amplio consenso entre los investigadores en que el aprendizaje y la enseñanza en las ciencias debe desarrollarse como un proceso de reconstrucción de conocimientos en un contexto de indagación (Verdú, 2004, citado en García, Quinto y Martínez, 2015). En los grandes diseños curriculares se indica que la educación científica debe basarse en una metodología de investigación (National Committe on Sience Eduaction Stardars and Assesment, 1996). Además, en un informe emitido por la Unión Europea, en el que se constata un descenso en el interés de los alumnos hacia las ciencias, se aconseja también una reorientación de la enseñanza de las ciencias hacia métodos basados en la investigación (Rocard *et al.*, 2007, citado en García, Quinto y Martínez, 2015). Varios autores (Gil y Martínez Torregosa, 1983; Martínez-Aznar e Ibáñez-Orcajo, 2005) proponen utilizar problemas totalmente abiertos, como si de una verdadera investigación se tratara. Planteando la enseñanza de esta forma, se encuentra un mayor uso de las estrategias científicas en el alumnado, un pensamiento mayor estructurado sobre las ideas clave de la herencia genética y un cambio sobre la misma naturaleza de lo que es ciencia y lo que hace.

Como cualquier estrategia, el aprendizaje a partir de problemas presenta algunas limitaciones que es preciso tener en cuenta. Un posible inconveniente es que exige una mayor dedicación por parte del profesor y también mayor dedicación por parte del alumno y ello puede chocar con los hábitos pasivos de éstos, desarrollados tras años de inmersión en ambientes

tradicionales. A su vez, el aprendizaje de las ciencias puede ser un proceso de investigación dirigido. Algunos autores proponen una serie de estrategias, sin que ello implique la necesidad de seguir forzosamente una secuencia predeterminada (Gil, Carrascosa, Furió y Martínez-Torregrosa, 1991, citado en Campanario y Moya, 1999; Gil, 1993; Gil, 1994):

- Se plantean situaciones problemáticas que susciten el interés en los estudiantes y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.
- Los estudiantes estudian las situaciones problemáticas planteadas y, con ayuda bibliográfica, empiezan a delimitar el problema y a plantear ideas.
- Los problemas se tratan siguiendo una pauta científica, con emisión de hipótesis, elaboración de estrategias posibles de resolución y análisis, y comparación con los resultados obtenidos por otros grupos. En esta etapa aparece el conflicto cognitivo entre concepciones diferentes, lo que lleva a replantear el problema y a emitir nuevas hipótesis.
- Los nuevos conocimientos se manejan y aplican a nuevas situaciones para profundizar en los mismos y afianzarlos. Este es el momento más indicado para hacer relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad.

Como algunos autores señalan, el cambio conceptual toma un carácter instrumental y deja de ser un objetivo en sí mismo: “la investigación no se plantea para conseguir el cambio conceptual, sino para resolver un problema de interés” (Gil, 1994), el cambio conceptual “se produce a lo largo de todo el proceso como un resultado más” (Gil, 1993), de ahí la necesidad de un cambio metodológico que debe acompañar todo el proceso. Sin embargo, se rechaza la idea de reducir todo al aprendizaje de un método científico “como conjunto de reglas perfectamente definidas que se aplican mecánicamente” (Gil, 1983). Ésta y otras formulaciones insisten también en el cambio actitudinal para promover la enseñanza (Mellado y Carracedo, 1993).

Por ello, es necesario plantear una intervención didáctica, de manera que se realice primeramente un análisis de las ideas previas del alumnado mediante una evaluación inicial. Posteriormente, se continuará con la propuesta mediante clases magistrales participativas, es decir, en cuanto a que se utiliza el método de explicación-recepción de conocimientos y se favorece la participación activa de los estudiantes, a la par que se realizan actividades que aseguren y afiancen los conocimientos.

Con respecto a lo mencionado anteriormente, la actividad principal que se ha llevado al aula se han basado en las metodologías de enseñanza-aprendizaje de la gamificación (también

denominada “ludificación”) (explicada más ampliamente en el apartado 4.3), con el fin de plantear situaciones problemáticas que susciten el interés de los estudiantes y que tenga aplicación en la vida real. Así, se pretende un mayor uso de las estrategias científicas, un pensamiento mayor estructurado sobre las ideas clave de la herencia genética y un cambio sobre la misma naturaleza de lo que es ciencia, lo que hace y su relación con el entorno social.

#### 4. ACTIVIDADES

##### 4.1. Contexto y participantes

Los participantes de esta propuesta didáctica (28 alumnos en total) pertenecen a la clase de 4º de ESO de la asignatura de Biología y Geología del mencionado centro. Los alumnos presentan gran interés por las ciencias, son participativos y, por lo general, no tienen inconvenientes en aclarar las dudas, ya sea en la misma clase o por el correo electrónico facilitado. Al presentar el alumnado estas características, no ha sido un tema de preocupación el captar su atención.

Sí que ha resultado de inquietud la dinámica de la actividad: puesto que los alumnos están acostumbrados mayoritariamente a clases magistrales participativas, la dinámica de la gamificación les ha resultado novedosa.

##### 4.2. Competencias clave

Durante la propuesta didáctica se trabajarán, esencialmente, las siguientes competencias clave que aparecen en el currículo aragonés para la asignatura de Biología y Geología:

###### *Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT):*

Los aprendizajes de la intervención didáctica están centrados en el acercamiento al mundo físico y a la interacción responsable con él, lo que implica: la adopción de una actitud adecuada para lograr una vida física y mental saludable, el apoyo a la investigación científica y la valoración del conocimiento científico y así como de los criterios éticos asociados a este. En definitiva, el alumnado desarrolla un pensamiento científico que le capacita para identificar, plantear y resolver situaciones de la vida cotidiana análogamente a como se actúa frente a los retos propios de las actividades científicas.

###### *Competencia social y cívica (CSC):*

La utilización del trabajo cooperativo y las actividades llevadas a cabo en la propuesta didáctica contribuyen al desarrollo de esta competencia a través del diálogo, el debate, la resolución de conflictos y la asunción de responsabilidades en grupo. Además la competencia social exige entender el modo en que las personas pueden procurarse un estado de salud física y mental óptimo y saber cómo un estilo de vida saludable puede contribuir a ello.

## 4.3. Metodología empleada

### 4.3.1. Justificación

Como ya se ha avanzado en el apartado de justificación de la propuesta, el modelo didáctico en el que se basa la actividad principal es la gamificación, ya que consiste en un juego de rol que está basado en el artículo Garvin *et al.* (1997).

La educación tradicional es percibida por muchos estudiantes como algo aburrido y en ocasiones poco eficaz. Aunque los docentes busquen nuevos métodos de enseñanza, se enfrentan a un importante reto al querer motivar a los estudiantes y hacer que desarrollen el interés con las asignaturas. En este contexto, el uso de juegos como herramientas de aprendizaje parece ser un enfoque prometedor debido a la posibilidad de enseñar y reforzar conocimientos y habilidades, como la resolución de problemas, la cooperación o la comunicación (Contreras, 2016; Contreras y Eguia, 2016; Quintaral, 2016). Se trata, también, de orientar al alumnado hacia la responsabilidad de su propia formación mediante la acción y participación, con el objetivo de formar profesionales con la suficiente autonomía para el desarrollo de sus capacidades (Sánchez i Peris, 2015).

La definición de qué es la gamificación es algo complejo y no consensuado. Así, según Ramírez (2014) “gamificar es aplicar estrategias de juegos en contextos no jugables, ajenos a los juegos, con el fin de que las personas adopten ciertos comportamientos”. Para Marín y Hierro (2013):

La gamificación es una técnica, un método y una estrategia a la vez. Parte del conocimiento de los elementos que hacen atractivos a los juegos e identifica, dentro de la actividad aquellos aspectos susceptibles de ser convertidos en juego o dinámicas lúdicas.

Según Contreras y Eguia (2016) “la gamificación o ludificación sugiere el poder utilizar elementos y diseños de juegos para mejorar el compromiso la motivación de los participantes en contextos que no son de juego”. Así, se puede definir la gamificación como el uso de estrategias, modelos, mecánicas y elementos propios del juego en contextos ajenos al mismo, con el propósito de transmitir unos conocimientos a través de la experiencia lúdica que propicie la motivación, la implicación, el entretenimiento, la autonomía, la progresividad y la retroalimentación (Llorens-Largo *et al.*, 2016).

Uno de los pilares que sustenta la propuesta didáctica y la actividad principal es que los contenidos acerquen al alumnado a situaciones de la vida real. Además, estos contenidos tienen que atender de manera especial a los procedimientos para la resolución de problemas

sociales y a la promoción de actitudes positivas que contribuyan a la formación de ciudadanos comprometidos (González-Sánchez, Acebal y Brero, 2015). Así, dentro de la estrategia metodológica de la gamificación, se ha seleccionado el juego de rol como estrategia para la enseñanza de la actividad principal dadas a sus principales virtudes (González-Sánchez, Acebal y Brero, 2014; González-Sánchez, E. *et al.*, 2015): la promoción de la creatividad, el trabajo en equipo, la capacidad de expresarse en público, el aprendizaje autónomo y la utilización de métodos de investigación, empleando para ello las tecnologías de la información y comunicación. Así, se puede hablar de una contribución positiva del juego de rol en dos dimensiones principales:

- Competencial: se trabajan de manera efectiva las competencias relacionadas con la argumentación, la búsqueda, selección y tratamiento de la información, las relaciones interpersonales, habilidades comunicativas, etc.
- Actitudinal: favorece el desarrollo de la empatía, la toma de conciencia crítica y la capacidad de tomar decisiones fundamentas que en ocasiones suponen el cambio actitudinal y la adquisición de nuevos comportamientos favorables.

Además de ello, Sanmartí (2002) afirma que los juegos de rol ofrecen estímulos para examinar modelos teóricos y para reconocer su aplicación en situaciones sociales cotidianas. Ayudan a romper la tendencia a pensamiento lineal y reduccionista, y permiten nuevos estilos de razonamiento útiles para el análisis y la resolución de problemas abiertos. Asimismo, posibilitan el análisis y la compresión de los diferentes comportamientos, puntos de vista y valoraciones, y ayudan a evitar las clasificaciones de las actuaciones como buenas o malas.

Con todo ello, la actividad principal, como se ha comentado anteriormente, y el proyecto de innovación llevado a cabo durante las prácticas en el centro ha consistido en un juego de rol sobre graves enfermedades genéticas explicadas. La elección de la actividad planteada por Garvin *et al.* (1997) tiene relación con los objetivos que persigue dicha actividad: tomar conciencia acerca de la naturaleza y los efectos de algunas enfermedades hereditarias, conocer las nuevas tecnologías utilizadas en la identificación de los genes involucrados y de las pruebas prenatales y de portadores, y debatir algunas de las cuestiones que surgen de los avances en genética humana.

Además, este ejercicio puede potenciar una conciencia de que el desarrollo científico debe ser contemplado dentro de un contexto social, ético y político más amplio. Debería ayudar también a los estudiantes para aprender más acerca de sus propios valores y actitudes y de los valores y actitudes de los demás, y a desarrollar la capacidad de comunicación y la confianza

(Garvin *et al.*, 1997).

Como se ha comentado, la actividad tiene como base el artículo de Garvin *et al.* (1997). Esta actividad, tal cual la plantean los autores, tiene el propósito de informar a los estudiantes acerca de tres graves enfermedades genéticas: la fibrosis quística, la distrofia muscular de Duchenne y la enfermedad de Huntington.

Los estudiantes juegan el papel de posibles padres portadores de enfermedades hereditarias. Como tales, deben afrontar importantes decisiones en mutuo acuerdo, lo que conlleva a tomar decisiones informadas sobre cuestiones como: tener hijos, diagnóstico prenatal, interrupción del embarazo y otras elecciones actualmente factibles.

Para el desarrollo de esta actividad, Garvin *et al.* (1997) proponen:

- Unas “tarjetas genéticas” en las que aparecen las enfermedades genéticas mencionadas anteriormente y distribuidas en pares de varón y mujer.
- Las “hojas de trabajo”, que consisten en unos protocolos de actuación.
- Unas “notas breves” en las que aparece la información necesaria sobre cada enfermedad.

Así, las modificaciones que se han realizado con respecto dicho artículo han sido: 1) las enfermedades genéticas; 2) la búsqueda de información a través de Internet; y 3) reunión con el “grupo de enfermedad”.

### ***Las enfermedades genéticas***

Las enfermedades que se han trabajado en esta actividad son la fibrosis quística, la anemia falciforme, la hemofilia, el raquitismo hipofosfatémico, el síndrome de Down, el síndrome de duplo Y y el Alzheimer.

La elección de estas enfermedades genéticas es debido a que han sido tratadas previamente en las explicaciones teóricas de forma somera, por lo que una de las finalidades que lleva intrínseca es la de reforzar y ampliar los conocimientos sobre las mismas (técnicas de detección de la enfermedad, tratamientos existentes, etc.). Además, el propósito de añadir estas enfermedades es que representan diferentes tipos de alteración genética, como puede ser la alteración génica autosómica, la alteración génica ligada al sexo, la alteración genómica, etc.

### ***La búsqueda guiada de información a través de Internet***

Con el fin de desarrollar la competencia digital entre los estudiantes, se ha decidido no realizar unas fichas de “notas breves” con cada enfermedad. En cambio, los alumnos y

alumnas han trabajado con los ordenadores disponibles en el aula de informática.

De esta forma, como se ha dicho, se pretende desarrollar la competencia digital a través de la búsqueda de información por Internet, el trabajo autónomo, potenciar la comprensión lectora y el análisis crítico de la información.

#### ***Reunión con el “grupo de enfermedad”***

Una vez se ha finalizado de resolver las hojas de trabajo, las parejas que tengan la misma enfermedad genética deben compartir la información sobre la enfermedad, tratamientos, pruebas de diagnóstico prenatal, etc. para que una persona de cada grupo exponga la información recolectada al resto de los grupos.

Así, con esta actividad se pretende que los estudiantes justifiquen o argumenten basándose en los datos que tienen, que describan, expliquen y detecten problemas. Además, con ello se quiere potenciar el trabajo en equipo; el desarrollo de la capacidad de comunicación, el desarrollo de la confianza, el respeto hacia los valores y actitudes propio y ajeno; y concienciar sobre la relación existente entre ciencia y sociedad.

#### **4.3.2. Papel del profesor y el alumno**

Durante el desarrollo de esta actividad, el rol del docente ha sido el de “facilitador del aprendizaje”, desarrollando una serie de habilidades para facilitar el conocimiento, guiando a sus alumnos a través de la actividad. Por otra parte, el docente ha tenido que generar una disposición para trabajar de este modo, retroalimentando con los alumnos sobre las habilidades, actitudes y valores estimulados por la metodología utilizada (Morales y Landa, 2004).

Por lo tanto, se puede decir que se ha pasado de una situación en el que el profesor era el protagonista a la de un guía. El profesor se convierte en un “estratega” que debe desarrollar una serie de procesos y actividades para conseguir que los estudiantes construyan su conocimiento y se mantengan en el tiempo, para poder aplicarlo en otras circunstancias.

Por otra parte, también existe un cambio en el papel del estudiante, ya que tiene un papel activo en el que trabaja cooperativamente y en el que asume una serie de responsabilidades durante su proceso de aprendizaje (Morales y Landa, 2004).

### **4.4. Actividades**

#### **4.4.1. Organización de la secuencia**

La propuesta didáctica está programada para que abarque un total de 15 días lectivos (750 minutos en total), de los cuales, uno de ellos está destinado al repaso del temario impartido y

otro a la realización de la prueba escrita. A continuación, se presenta una tabla (tabla 2) en la que vienen especificadas la duración determinada de cada una de las actividades realizadas:

**Tabla 2:** Temporalización de cada actividad realizada durante la intervención didáctica en las prácticas II y III.

Actividad	Duración
Sesión inicial	1 sesión (50 minutos)
Clases magistrales participativas	10 sesiones (500 minutos)
Actividades	
Actividad principal	2 sesiones (100 minutos)
Prueba final	1 sesión (50 minutos)
Corrección y <i>feedback</i>	1 sesión (50 minutos)

#### 4.4.2. Materiales y recursos

##### **Personales**

Los recursos personales consistirán en las explicaciones realizadas por la profesora en prácticas, por el tutor de prácticas del instituto y por la participación de los alumnos de 4º de ESO de Biología y Geología del IES Ramón y Cajal de Zaragoza.

##### **Materiales**

Las diapositivas realizadas por la profesora en prácticas y, secundariamente, el libro de texto serán los recursos centrales de trabajo, el resto de materiales se utilizarán para completar, aclarar y enriquecer los conceptos que las diapositivas exponen.

Algunos apartados podrán ser complementados o trabajados por otro tipo de materiales, como pueden ser actividades de artículos de Didáctica de las Ciencias, ejercicios en plataformas de aprendizaje mixto basado en el juego (*p.e. Kahoot!*), vídeos educativos de Youtube, etc.

Para la actividad principal, serán necesarios folios en los que aparezcan las tarjetas genéticas y los ordenadores dispuestos en el aula de informática para poder realizar las hojas de trabajo y la búsqueda de información.

##### **Organizativos**

La organización de la propuesta didáctica, en relación con las clases impartidas, ha sido programada según los días lectivos concretados en el calendario escolar 2017/2018 estipulado

por el Gobierno de Aragón. Más concretamente, la organización de las clases para este periodo de prácticas se concreta a continuación (Figura 1):

Abril 2018						
Dom.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.
1	2	3	4	5	6	
8	9	10	11	12	13	
15	16	17	18	19	20	
22	23	24	25	26	27	
29	30					

Mayo 2018						
Dom.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Figura 1: Sesiones programadas según el calendario académico facilitado por el Gobierno de Aragón para la ESO.

#### 4.4.3. Desarrollo

##### **Sesión 1: Evaluación inicial**

La sesión se ha dedicado a realizar una introducción a las unidades didácticas y a realizar la actividad de la evaluación inicial (anexo I).

Durante la presentación de la intervención didáctica, se ha proyectado una presentación en la que se han definido los contenidos, los objetivos y la evaluación de la misma. Posteriormente, se ha entregado la evaluación inicial que han tenido que realizar de forma individual

Para suscitar el interés e introducir la siguiente sesión, se ha reproducido un vídeo sobre los experimentos realizados por Mendel con los guisantes sobre la herencia biológica (National Geographic, 2000).

### **Sesiones 2 a 8: Herencia biológica**

A lo largo de estas sesiones, se han impartido las clases teóricas y se han realizado diferentes actividades.

Como se ha comentado en apartados anteriores, el papel del profesor era el de emisor de conocimientos durante las clases teóricas, para la correcta comprensión y aprendizaje de la unidad, pero aleñando la participación de todos los estudiantes. En cambio, durante las actividades, el profesor ha representado el papel de guía y facilitador de la información.

El rol de los estudiantes, por su parte, era la de receptores de la información durante las sesiones teóricas, pero con la posibilidad de participar en la explicación, interrumpir la sesión mediante dudas o mediante el debate sobre temas o noticias de actualidad que tuvieran que ver con la genética.

Las actividades que se realizaron son:

#### **a) Esquemas**

Al ser la genética y la herencia biológica un tema novedoso para los alumnos y alumnas, puesto que no es hasta este curso que se imparte dichos contenidos y es uno de los puntos centrales de la Biología y Geología de 4º de ESO, es de gran importancia la adquisición y consolidación de estos conocimientos.

Una de los puntos clave de este temario es el correcto entendimiento de los conceptos que se van a trabajar tanto en la explicación de las clases teóricas y, sobre todo, en el entendimiento y resolución de los problemas de herencia biológica.

Es por todo ello que se ha propuesto la realización de un esquema (figura 2), cuyos objetivos que se pretendían conseguir eran:

- La correcta comprensión de los conceptos y la contextualización de los mismos dentro del entorno genético, es decir, saber relacionar un concepto con el resto.
- Desarrollar la capacidad de síntesis por parte de los estudiantes

La actividad ha sido, primeramente, realizada de manera individual. Una vez finalizada, se ha realizado una puesta en común con toda la clase mediante una “lluvia de ideas”. Al finalizar, se ha pedido a los estudiantes que se pusieran por grupos de 4 a 6 personas y volvieran a realizar, cooperativamente, el esquema.

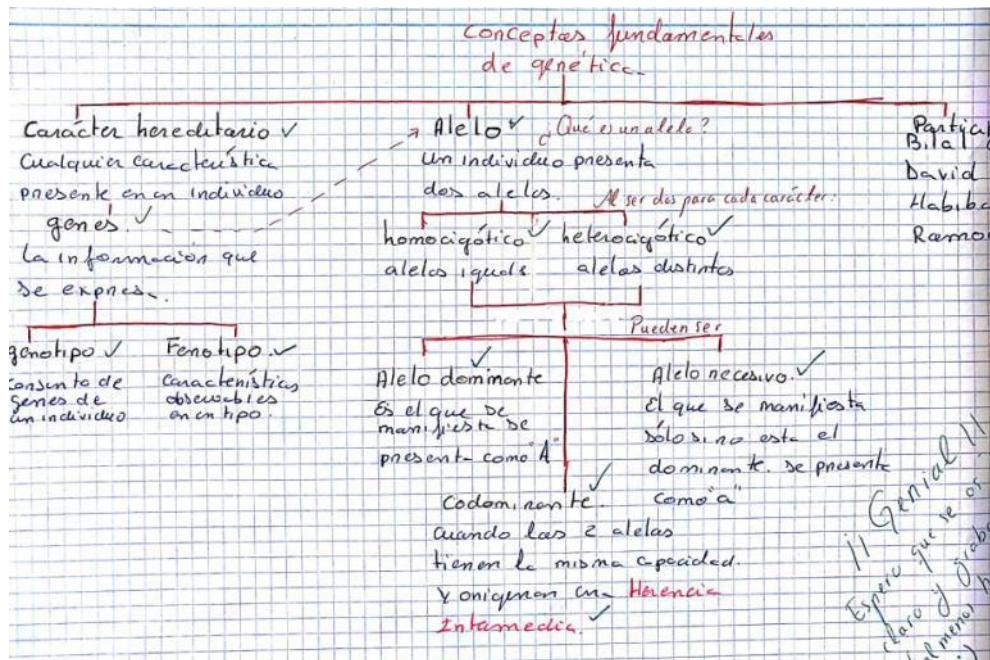


Figura 2: Esquema realizado por un grupo de estudiantes.

### b) Flipped classroom

Al igual que en la actividad anterior, se pretende que los alumnos construyan su propio conocimiento y rompan con la metodología de aprendizaje basada en clases magistrales. Este enfoque pedagógico se ha utilizado para la explicación de las leyes de Mendel, a través del visionado de un vídeo (Jiménez, 2013) en el que se explica de manera animada las mismas.

Primeramente, se ha pedido a los estudiantes que miren dicho vídeo en sus casas y que se tomen su tiempo para entenderlo, puesto que en clase se iba a discutir. Una vez en el aula, se pide a los alumnos que intenten explicar las leyes de Mendel con sus propias palabras y se plantea una lluvia de ideas, con el fin de “ayudarse entre todos” para entenderlo. Una vez se ha finalizado la lluvia de ideas, se consolida el aprendizaje realizando un problema (anexo II) (figura 3) donde se pone a prueba lo entendido acerca de las leyes de Mendel.

Como se observa la figura 3, los alumnos saben relacionar el problema planteado con las tres leyes de Mendel, utilizando, para ello, tanto la argumentación gráfica (mediante el tablero de Punnett) como la escrita.

Utiliza lo que has aprendido del modelo de herencia de Mendel para explicar las causas de que haya ocurrido así.

La "a" se refiere a la 1º ley de Mendel.  
y se comprueba al hacer el cuadro que el alelo dominante del color es el anaranjado y el fenotípico sería el dominante Liso.

La "b" se refiere a la 2º ley de Mendel con la descendencia.  
Donde el alelo de verde y rugoso que quedaban como recesivo pasan a ser importantes con heterocigosis y homocigosis recesiva. Pero con sus alelos dominantes de anaranjado y liso.

La "c" 3º ley de Mendel.  
En este caso se mezcla el liso con todo y salen todas las combinaciones.  
Anaranjado liso, Anaranjado -rugoso, Verde-liso, Verde-rugoso.  
Por los resultados que ha dado.

Utiliza lo que has aprendido del modelo de herencia de Mendel para explicar las causas de que haya ocurrido así.

Anaranjados = A  
Lisos = a  
Verdes = a  
Rugosos = l

1º Ley	AL	Al	aL	al
al	AaLL	AaLl	AaLL	AaLl
al	AaLl	AaLL	AaLl	AaLL

a) Todos los que son anaranjados y lisos.

2º Ley	AL	al
al	AaLL	AaLl
al	AaLl	AaLL

b) Todos anaranjados, lisos y uno verde y liso.

3º Ley	AL	Al	aL	al
AL	AaLL	AaLl	AaLL	AaLl
Al	AaLl	AaLL	AaLl	AaLL
al	AaLl	AaLL	AaLL	AaLl
al	AaLl	AaLL	AaLL	AaLl

9:3:3:3

c) Sobre todo que son anaranjados y lisos, algunos anaranjados y rugosos, algunos verdes y lisos y uno verde rugoso.

Figura 3: Resultados obtenidos por algunos alumnos del problema sobre las leyes de Mendel en la sesión de “flipped classroom”

### c) Problemas cooperativos

Esta actividad consiste en la realización de problemas de genética que tienen relación con los denominados “casos genéticos especiales” (alelismo múltiple, interacción génica, genes letales, herencia cuantitativa y herencia intermedia) (anexo III). Con ello, se pretende que los estudiantes trabajen en grupos de 4 a 6 personas y realicen los problemas de forma cooperativa. Para la realización de los mismos, se ha facilitado a los estudiantes unas instrucciones o protocolos (anexo IV) de cómo se realizan los problemas en genética.

Una vez los grupos hayan acabado, se les invita a elegir un representante de cada grupo y salga a exponer la resolución en la pizarra. A la vez, el resto de compañeros de los otros

grupos deben de estar atentos a si existe algún error o si resolverían el problema de otro modo. De esta manera, se pretende fomentar la comunicación oral de los resultados obtenidos de manera científica y la aceptación de críticas fundamentadas por parte del resto de grupos.

### **Sesiones 9 y 10: Genética humana**

Estas dos sesiones han constituido la introducción a lo que es la actividad principal: el juego de rol. Han consistido en clases magistrales participativas, en las que se ha explicado de forma general las enfermedades genéticas más comunes y las técnicas de diagnóstico prenatal. Por lo tanto, el papel del docente ha sido el de emisor de conocimiento y el del estudiante de receptor de los mismos.

### **Sesiones 11y 12: Juego de rol**

La actividad ha sido programada para que dure un máximo de dos sesiones, incluyendo una explicación de qué va a tratar la actividad y suscitar la motivación y el interés en los estudiantes que van a participar

Previamente, los estudiantes habrán tenido que entender los diferentes tipos de herencia genética, saber resolver problemas de genética, conocer las alteraciones genéticas que existen y conocer las enfermedades genéticas más comunes.

Durante la primera de las dos sesiones, se reparten las tarjetas genéticas al azar. Estas tarjetas están organizadas por colores (anexo V) y, en cada una de ellas, se muestra detalles como el sexo y la predisposición genética a las enfermedades genéticas mencionadas anteriormente.

Una vez repartidas, se les invita a buscar a su pareja, esto es, alguien que posea una tarjeta del mismo color pero del sexo opuesto.

Una vez que las parejas se han establecido, se les facilita la hoja 1 (“Informe médico”) (anexo VI) (figura 4) de trabajo, en la que viene indicada que deben examinar las correspondientes tarjetas para saber si tanto ellos como la descendencia tienen riesgo de padecer dicha enfermedad. Como es de suponer, las tarjetas han sido diseñadas para que todas las parejas tengan riesgo de padecer alguna de las enfermedades genéticas o, al menos, de que su descendencia sea portadora de la enfermedad.

Mediante esta hoja de trabajo, se pretende que los estudiantes trabajen de forma cooperativa por parejas para la búsqueda de la información por Internet acerca de la enfermedad que les ha tocado al azar, detecten el tipo de alteración y resuelvan el problema de herencia de la enfermedad para la descendencia. Por otro lado, también tendrán que buscar la información

sobre técnicas de prevención y tratamiento de la enfermedad, lo que dará pie a la siguiente sesión.

Durante esta sesión, el docente servirá de guía de la actividad y de facilitador de información en caso de que alguna pareja necesite orientación sobre la enfermedad, información encontrada en páginas web y artículos, etc.

Cada una de estas enfermedades ha sido seleccionada tanto porque son aquéllas que se han explicado sucintamente durante las dos sesiones anteriores como por representar una gama de modos de herencia, y para que los estudiantes se planteen cuestiones relacionadas con las enfermedades genéticas.

Las respuestas dadas por los estudiantes son bastante homogéneas, ya que la información que se requería estaba bastante pautada por la tabla: la primera parte consiste en la búsqueda de información; por otro lado, en la segunda parte, las alumnas y alumnos han realizado una búsqueda de las técnicas y tratamientos existentes sobre la enfermedad y las han expuesto y explicado en la hoja de manera sintética (figura 4).

En la segunda sesión, se ha facilitado la hoja 2 (“Cadena de decisiones”) (anexo VII) de trabajo. Seguidamente, se les pide a las parejas que tomen una serie de decisiones con respecto a la descendencia. Se les anima a que mediten los problemas que puedan surgir y que razonen detenidamente cada una de las decisiones tomadas.

En esta “cadena de decisiones” se pretende que las alumnas y alumnos justifiquen y argumenten cada una de las decisiones tomadas en base a lo aprendido y la información recolectada. De esta manera (Jiménez y Díaz, 2003; Jorba, Gómez y Prat, 2000):

- Se categoriza la pregunta planteada en un marco de referencia.
- Se identifican los hechos sobre los que se pide justificar y argumentar.
- Se establecen relaciones entre los hechos a justificar.
- Se seleccionan las relaciones más adecuadas.
- Se organizan estas relaciones de forma coherente, diferenciando las ideas personales de las que tienen un “estatus” científico.

**Encontrad información acerca de la enfermedad, qué tratamientos hay disponibles, etc.**

<b>Enfermedad:</b> Fibrosis quística	
<b>Tipo de alteración:</b> Alteración génica autosómica recesiva	
<b>Sexo:</b> Varón	<b>Sexo:</b> Mujer
<b>¿Padece la enfermedad?</b>	<b>¿Padece la enfermedad?</b>
Sí	No, pero es portadora
<b>Probabilidad de que los descendientes la padezcan:</b>	
El 50% de los hijos padecerán la enfermedad, y el otro 50% serán portadores.	
<b>Técnicas y tratamientos existentes:</b>	
<p>Los tratamientos contra la fibrosis quística van dirigidos principalmente a controlar y tratar el daño pulmonar causado por las infecciones y la mucosidad espesa, con el fin de mejorar la calidad de vida de los pacientes. Las infecciones crónicas se tratan con antibióticos administrados por vía oral, inhalatoria o intravenosa. Las secreciones mucosas se controlan por medio de fármacos administrados con inhaladores. Se suele recomendar a los pacientes que lleven una vida sana, con abundante ejercicio físico.</p> <p>En la actualidad se empieza a contemplar la terapia génica como una posible cura futura para la enfermedad.</p>	

**Encontrad información acerca de la enfermedad, qué tratamientos hay disponibles, etc.**

<b>Enfermedad:</b> Síndrome de duplo Y	
<b>Tipo de alteración:</b> Alteración genómica causada por dos cromosomas Y	
<b>Sexo:</b> Varón	<b>Sexo:</b> Mujer
<b>¿Padece la enfermedad?</b>	<b>¿Padece la enfermedad?</b>
Sí	No
<b>Probabilidad de que los descendientes la padezcan:</b>	
Las mujeres normales y hombres enfermos.	
<b>Técnicas y tratamientos existentes:</b> las intervenciones médicas empleadas en el síndrome XYY son fundamentalmente de apoyo. Actualmente no existe cura para esta enfermedad.	

Figura 4: Resultados obtenidos por los alumnos en la hoja de trabajo 1 en el juego de rol. El primero se corresponde con la fibrosis quística y el segundo, con el síndrome de duplo Y.

Las mencionadas decisiones son las que aparecen a continuación.

- DECISIÓN 1: ¿Tendréis hijos? Dad razones para vuestra decisión (figura 5).

Como aparece ejemplificado, las contestaciones realizadas son dispares entre las parejas dependiendo de si la descendencia tiene una alta probabilidad de padecer la enfermedad o de si existen las técnicas y tratamientos suficientes para que los hijos y/o hijas que la padecan tengan una “vida normal”. En algunos casos, los alumnos hacen alusión a sus emociones al

decir que no tendrían hijos enfermos, puesto que actualmente no se verían preparados para mantenerlos tanto a nivel económico ni emocional.

#### **DECISIÓN 1: ¿Tendréis hijos? Dad razones para vuestra decisión.**

No, porque hay un riesgo relativamente alto (50%) de que nuestros hijos nazcan con la enfermedad. Y eso les supondría vivir la infancia con una serie de limitaciones importantes. Una razón de menor peso es que, aunque nacieran sanos, seguirían siendo portadores. Esto implicaría que les estariamos dando la posibilidad de tener que decidir sobre lo mismo en el futuro.

#### **DECISIÓN 1: ¿Tendréis hijos? Dad razones para vuestra decisión.**

Sí que tendríamos hijos de forma natural, porque aunque exista la probabilidad de transmitir una carga genética que genere Alzheimer es muy poca. Y aunque se diese el caso actualmente hay muchos medios para proporcionar una buena calidad de vida y que tanto la persona como su entorno tenga una buena vida. Además la enfermedad se desarrolla de forma progresiva y hay muchos tratamientos para reducir los síntomas de ésta. La última razón por la que sí que tendríamos hijos de manera natural es que con los avances médicos siendo que se sabe cuáles son el mayor número de las mutaciones se podría hacer un tratamiento preventivo.

*Figura 5:* Resultados obtenidos por los estudiantes en la hoja de trabajo 2 en la decisión 1. La primera de las respuestas se corresponde con la anemia falciforme y la segunda de las respuestas, con la enfermedad de Alzheimer.

- DECISIÓN 2: Considerad todas las posibilidades y ponedlas en orden de preferencia (figura 6).

La mayoría de los alumnos ponen como primeras opciones el tener hijos de manera natural, en aquellos casos donde la probabilidad de tener hijos enfermos es baja o nula, o abortar en los casos de que toda la descendencia o una parte importante pueda tenerla.

Al preguntarles por las otras opciones (fecundación *in vitro*, selección de embriones o adopción) durante la exposición de las enfermedades realizadas al final de la actividad, una gran parte de los estudiantes afirman que son procedimientos muy costosos, ya sea por cuestiones económicas o por toda la carga legal o administrativa que lleva implícita.

## **DECISIÓN 2: Considerad todas las posibilidades y ponedlas en orden de preferencia.**

Con independencia de vuestra decisión anterior, imaginad que la mujer acaba de quedarse embarazada.

- Tener el hijo
- Aborto
- Selección de embriones
- Fertilización con otro donante
- Adopción

## **DECISIÓN 2: Considerad todas las posibilidades y ponedlas en orden de preferencia.**

Tener hijos de forma natural sería la principal manera en la que los tendríamos. En el caso de que al final tuviéramos hijos que tengan Alzheimer en el futuro, pensariamos en adoptar hijos.

*Figura 6: Resultados obtenidos por los estudiantes en la hoja de trabajo 2 en la decisión 2. La primera de las respuestas se corresponde con el síndrome de duplo Y y la segunda de las respuestas, con la enfermedad de Alzheimer.*

- DECISIÓN 3: ¿Pediréis una prueba de diagnóstico prenatal? Dad las razones para vuestra decisión (figura 7.).

En este caso, la totalidad de las parejas afirman que se someterían a una prueba de diagnóstico prenatal. Las causas son más dispares, pero se pueden reunir en tres grandes grupos: 1) para estar informados, 2) para poder pedir ayuda a profesionales en caso de que el resultado sea positivo y 3) para abortar en el caso de que el resultado sea positivo y buscar otros métodos para tener hijos sanos.

## **DECISIÓN 3: ¿Pediréis una prueba de diagnóstico prenatal? Dad las razones para vuestra decisión.**

- Sí, porque si se diera el caso de que fuera positivo abortaríamos

## **DECISIÓN 3: ¿Pediréis una prueba de diagnóstico prenatal? Dad las razones para vuestra decisión.**

Imaginaos que habéis decidido someteros a la prueba de diagnóstico prenatal y que el resultado es positivo.

Sinceramente no sé cómo nos veríamos en esa situación, creemos que es algo que hay que vivir para poder tomar una decisión. Es un tanto egoísta elegir si nace o muere alguien sólo porque el día de mañana tenga dificultades... A pesar de no tener cura siempre hay alguna manera de mejorar su estilo de vida, algún tipo de terapia o tratamiento que ayude a disminuir los síntomas o ralentizar la enfermedad, en este caso con tener cuidado con las heridas valdría.

*Figura 7: Resultados obtenidos por los estudiantes en la hoja de trabajo 2 en la decisión 3. La primera de las respuestas se corresponde con la fibrosis quística y la segunda de las respuestas, con la hemofilia.*

- DECISIÓN 4: Decidid qué opciones existen en la actualidad y qué haríais. De nuevo, dad razones para vuestra decisión (figura 8.).

La gran mayoría de las parejas, al dar el resultado de la prueba prenatal positivo, optan por abortar y en muy pocos casos continúan con el embarazo. Las razones expuestas por los alumnos para interrumpir el embarazo son, de una forma resumida: 1) que los hijos no estén condicionados a lo largo de su vida por la enfermedad, 2) no disponer de los medios suficientes para garantizar una vida plena, 3) no estar preparados para afrontar la enfermedad. Una vez han decidido abortar, los estudiantes optan por adoptar hijos para evitar que más posibles descendientes tengan la enfermedad y evitarmhacerb abortar a la mujer sucesivas veces.

**DECISIÓN 4: Decidid qué opciones existen en la actualidad y qué haríais. De nuevo, dad razones para vuestra decisión.**

Abortaríamos, ya que la terapia génica todavía no es una opción. Y si realmente queremos tener hijos los tendríamos por otros medios. La cuestión es no condicionar la vida de nuestros hijos, ya que es muy egoista tenerlos y luego decirles a ellos qué no pueden tenerlos.

**DECISIÓN 4: Decidid qué opciones existen en la actualidad y qué haríais. De nuevo, dad razones para vuestra decisión.**

En el caso de que el resultado diese negativo, seguir adelante con el embarazo. En el caso de que el resultado fuese positivo y que el feto tuviese la enfermedad decidiríamos abortar. No creemos que estuviésemos preparados para cuidar a una persona con Síndrome de Down. En el caso de que solamente sea portador, pero no tuviese la enfermedad seguiríamos adelante con el embarazo.

Figura 8: Resultados obtenidos por los estudiantes en la hoja de trabajo 2 en la decisión 4. La primera de las respuestas se corresponde con la anemia falciforme y la segunda de las respuestas, con el síndrome de Down.

- DECISIÓN 5: Seleccionad los tratamientos actualmente disponibles. Intentad presentarlos por orden de preferencia (figura 9)

Todos los alumnos apuestan por los tratamientos actualmente disponibles, tanto los farmacológicos como los no farmacológicos (*p.e.* aparatos ortopédicos o cirugía). En el caso de aquellas enfermedades en las que no existen ningún tratamiento ni técnica, como puede ser la enfermedad del Alzheimer o el síndrome de Down, apuestan por mejorar la calidad de vida del individuo mediante profesionales (logopedas y profesores especializados en caso del síndrome de Down) o propiciando una vida activa, saludable y de calidad (entornos agradables o ejercicios mentales y físicos en el caso de la enfermedad del Alzheimer).

**DECISIÓN 5: Seleccionad los tratamientos actualmente disponibles.  
Intentad presentarlos por orden de preferencia.**

**Haríamos lo comentado en la decisión anterior: medicación con fosfato y caletitrol, alimentación con fuentes dietéticas de vitamina D, exposición en cantidades moderadas al sol y, en caso de que fuera necesario, tratamientos ortopédicos y/o quirúrgicos.**

**DECISIÓN 5: Seleccionad los tratamientos actualmente disponibles.  
Intentad presentarlos por orden de preferencia.**

La situación anterior trataba acerca de una enfermedad genética grave. Al aprender más acerca de la predisposición genética a más enfermedades (cáncer, enfermedades coronarias, etc.) decisiones como esas podrían hacerse comunes (y en algunos casos, difíciles).

*Salvo que necesite alguna operación o tratamiento de urgencia al nacer o dietas especiales para su alimentación los únicos tratamientos que existen actualmente son una educación especial, con ayuda muchas veces de logopedas, entrenadores y profesores o asistentes especializados.*

Figura 9: Resultados obtenidos por los estudiantes en la hoja de trabajo 2 en la decisión 5. La primera de las respuestas se corresponde con el raquitismo hipofasfatémico y la segunda de las respuestas, con el síndrome de Down.

- DECISIÓN 6: ¿Serían diferentes vuestras decisiones si la enfermedad fuese: enfermedad coronaria, diabetes, daltonismo, esquizofrenia o pies planos? (figura 10)

En esta decisión, existen dos clases de respuestas tipo: las que afirman que las respuestas no serían las mismas (es decir, que proseguirían con el parto y tratarían a los hijos si se diera el caso), puesto que estas enfermedades pueden ser tratadas y no afectarían a la calidad de vida de las personas afectadas mediante los tratamientos necesarios; y los que hacen distinción entre unas enfermedades y otras.

En este último caso, clasifican a la enfermedad coronaria y a la esquizofrenia como enfermedades más graves, justificando que pueden llegar a la muerte o perturbar mucho la calidad de vida y, por lo tanto, lo más seguro las decisiones serían parecidas a las tomadas (a saber, abortar y tener hijos mediante la adopción, fecundación *in vitro* o selección de embriones). Por el contrario, en el caso de la diabetes, daltonismo o pies planos, la decisión sería la de tener los hijos de forma natural y tratarlos, puesto que no son enfermedades que afecten a la vida de las personas.

**DECISIÓN 6: ¿Serían diferentes vuestras decisiones si la enfermedad fuese: enfermedad coronaria, diabetes, daltonismo, esquizofrenia o pies planos?**

No, creemos que actualmente todas las enfermedades nombradas pueden tener una calidad de vida buena con los medios adecuados (tratamiento o farmacología). Se deberían tomar unas precauciones o medidas específicas según la enfermedad que presente, pero con los avances médicos y los medios que disponemos en España o Europa se puede vivir bien sin que te falte nada.

Las enfermedades de este enunciado creemos que son menos graves que la enfermedad de Alzheimer a largo y a corto plazo, pero nuestra decisión no cambia en ninguna de las nombrada, seguiríamos con el embarazo.

**DECISIÓN 6:**

En los casos de enfermedad coronaria, diabetes, daltonismo, y pies planos existen varios tratamientos para reducir o erradicar los síntomas, por lo que las decisiones serían exactamente las mismas que en el caso del raquitismo.

El caso de la esquizofrenia resulta más complicado al incluir inconvenientes psicológicos o mentales. Se ha estimado que la heredabilidad de la esquizofrenia ronda el 80 - 87 %, por lo que es muy difícil evitar esta enfermedad. Al resultar más costoso, en nuestra opinión, hacer frente a esta enfermedad, optaríamos por la adopción en primer lugar, y la selección de embriones en segundo lugar. El resto de opciones se considerarían en el mismo orden. De esta forma evitaríamos en mayor medida la enfermedad sin considerar el aborto en caso de que la mujer quedase embarazada.

Figura 10: Resultados obtenidos por los estudiantes en la hoja de trabajo 2 en la decisión 6. La primera de las respuestas se corresponde con la enfermedad de Alzheimer y la segunda de las respuestas, con el raquitismo hipofosfatémico.

Cada una de estas decisiones da pie a la siguiente cuestión, aunque la pareja decidiese en las etapas no tener hijos o no proseguir con el embarazo. Además, también permiten que los supuestos padres discutan sobre las posibilidades existentes y ordenarlas por preferencia, lo que hace que busquen información y mediten sobre las posibles formas de actuar.

Tras finalizar la cadena de decisiones, las parejas que tengan el mismo color de tarjeta (es decir, la misma enfermedad genética) deben compartir la información sobre la enfermedad, tratamientos, pruebas de diagnóstico prenatal, etc. para que una persona de cada grupo exponga la información recolectada al resto de los grupos.

**Sesión 13: Repaso**

Durante esta sesión, tendrá lugar el repaso de las dos unidades para el examen. Este repaso ha consistido en un test utilizando Kahoot, página web que permite crear test con una dinámica

de juego en la que los alumnos pueden contestar simultáneamente mediante ordenadores, tabletas o teléfonos móviles.

De esta forma, los estudiantes han sido repartidos en cinco grupos de 4 a 6 personas. Para cada pregunta tenían programados 1 minuto, tiempo suficiente para escoger la respuesta que crean correcta. La ventaja de esa página web es que permite ver las preguntas y respuestas en el proyector, permitiendo ver la respuesta de cada uno de los grupos e, inmediatamente, tener retroalimentación directa.

### **Sesión 14: Prueba final**

A lo largo de esta sesión, los estudiantes deben de resolver una prueba escrita (anexo VIII) de manera individual.

### **Sesión 15: Corrección y feedback**

Por último, en esta sesión se ha corregido la prueba escrita, así como resolver las dudas de los alumnos, corregir los posibles errores en el proceso de enseñanza-aprendizaje que hayan desembocado en las concepciones erróneas.

## **5. EVALUACIÓN FINAL**

### **5.1. Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias clave**

En la tabla adjunta (tabla 3) se va a explicar la relación de los criterios de evaluación con los contenidos de la asignatura de Biología y Geología de 4º de ESO, así como los estándares de aprendizaje y competencias clave para los contenidos impartidos en dicho bloque:

**Tabla 3:** Relación de los contenidos impartidos durante la propuesta didáctica relacionados con los criterios de evaluación, estándares de aprendizaje evaluables y competencias clave.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables	Competencias clave
La herencia biológica y los experimentos de Mendel. Las leyes de Mendel. Excepciones y casos especiales a las leyes de Mendel. Teoría cromosómica de la herencia: ligamiento de genes. La herencia del sexo. La herencia ligada al sexo. Las mutaciones. Tipos y efectos. Importancia biológica.	Se pretende evaluar si el alumnado es capaz de diferenciar los conceptos básicos de genética y resolver problemas sencillos sobre la transmisión de caracteres hereditarios, calculando porcentajes genotípicos y fenotípicos de los descendientes y reconociendo en estos resultados su carácter aleatorio. Se pretende comprobar si interpreta mediante la teoría cromosómica de la herencia las excepciones a las leyes de Mendel, así como la existencia de mutaciones y sus implicaciones en la evolución y diversidad de los seres vivos	Conoce los experimentos de Mendel para estudiar la herencia biológica Conoce las leyes de Mendel. Conoce conceptos genéticos básicos. Conoce las excepciones a las leyes de Mendel. Conoce la teoría cromosómica de la herencia. Conoce el ligamiento de genes. Conoce el alelismo múltiple. Resuelve problemas relacionados	CMCT

		<p>con el mendelismo simple. Conoce la herencia del sexo. Conoce la herencia ligada al sexo.</p>	
<p>Características genéticas generales del ser humano. Caracteres mendelianos en las personas. Resolución de problemas relacionados con el mendelismo simple. Genética humana. Estudio de la transmisión de algunas enfermedades hereditarias. Diagnóstico de enfermedades genéticas.</p>	<p>Se pretende valorar si aplica estos conocimientos a casos concretos de herencia humana, como el color de los ojos y del pelo, etc. Se pretende evaluar si aplica estos conocimientos sobre enfermedades genéticas humanas y su transmisión (como la hemofilia, el daltonismo, el síndrome de Down, etc.) en la resolución de problemas sencillos.</p>	<p>Conoce las características genéticas generales del ser humano. Reconoce caracteres mendelianos en las personas Conoce la transmisión de algunas enfermedades hereditarias.</p>	CMCT CSC

## 5.2. Procedimientos e instrumentos de evaluación

De acuerdo con lo establecido, los procedimientos e instrumentos de evaluación que se van a utilizar en esta propuesta didáctica se distribuyen en las categorías que se pueden consultar en la siguiente tabla (tabla 4):

**Tabla 4:** Procedimientos e instrumentos de evaluación utilizados en la propuesta didáctica.

PROCEDIMIENTOS	INSTRUMENTOS
Observación sistemática	Escalas de observación <ul style="list-style-type: none"> <li>- Numérica: determina el logro la intensidad de un hecho evaluado (de 1 a 10).</li> <li>- Descriptiva: incorpora frases descriptivas (“Trabaja y trae el material”, “sugiere ideas”, “trabaja adecuadamente”, etc.).</li> </ul>
	Actividad de aplicación
	Cuaderno de clase
	Resolución de ejercicios y problemas
Intercambios orales con los alumnos	Diálogo
	Puesta en común
Pruebas específicas	Objetivas <ul style="list-style-type: none"> <li>- Con preguntas muy concretas y opciones de respuesta fija para que el alumno escoja.</li> <li>- Con preguntas muy concretas y opciones de respuesta fija para que el</li> </ul>

	alumno rellene
	Abiertas o de razonamiento
	Resolución de ejercicios y problemas

## 6. CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

La calificación planteada para esta propuesta didáctica se obtendrá de la siguiente manera:

- La nota alcanzada de la prueba final valdrá un 60% de la calificación final del alumno.
- El trabajo colectivo como el individual del alumno tendrá un valor del 30%.
- Se tendrá en cuenta la participación y la asistencia a clase por parte del alumno, estando valorado en un 10% de la nota final.

La influencia de la calificación de esta intervención didáctica a la asignatura vendrá dada por la incorporación de la nota global de la unidad al conjunto del trimestre. La calificación de la unidad se realizará mediante la valoración de la prueba escrita, las actividades realizadas (problemas, juego de rol, etc.) y el desempeño y la actitud general de los alumnos (esta se realizará mediante observación por parte del profesor).

La prueba escrita realizada por los alumnos será valorada con una nota numérica que tendrá un valor entre 0 y 10 puntos. La asignación de un valor numérico a cada pregunta del examen ha sido determinada por la profesora en prácticas dependiendo de las preguntas planteadas y su importancia relativa. En cualquier caso, los alumnos sabrán de antemano el valor que se le ha asignado a cada pregunta.

## 7. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

### 7.1. Conclusiones

Tras la implantación de la propuesta didáctica y de la consulta de la bibliografía disponible, se puede concluir que es importante que los alumnos conozcan los temas de herencia biológica y genética, ya que son importantes a nivel científico como personal. Estos temas les ayudarán a valorar las aportaciones de la ciencia en la mejora condiciones del ser humano, a afrontar los problemas mediante una actitud crítica y a enmarcar el conocimiento científico dentro de las necesidades de la sociedad. Además, les permitirán ser capaces de manejar este tipo de información para poder tomar parte en las discusiones que se generan en el ámbito de la genética (Abril, Muela y Quijano, 2002; Caballero, 2008; Garrido y González, 2017; Caballero, 2008, Verhoeff y Jan, 2009, citado en García, Quinto y Martínez, 2015; Rodríguez, 1995).

La genética continúa siendo uno de los temas del currículo de Biología y Geología que

presenta más dificultades para los estudiantes, debido a: las ideas previas prevalentes en los alumnos, la existencia de conceptos abstractos, y la necesidad de una determinada competencia lógico matemática, estas dificultades se podrían ser subsanadas por el docente mediante un cambio en la estrategia de enseñanza (Figini y Micheli, 2005, citado en Caballero, 2008; Garrido y González, 2017; Smith, 1988, citado en Íñiguez y Puigcerver, 2013; Johnstone y Mahmoud, 1980; Rodríguez, 1995).

Una propuesta didáctica basada en la gamificación, superados sus inconvenientes, como el esfuerzo e implicación necesarios por parte del alumno y profesor, podría solventar algunos problemas de la Enseñanza de las Ciencias, integrando el proceso de ludificación con el aprendizaje de conceptos, el trabajo práctico y la resolución de problemas, en un marco que incite a la motivación y a la reflexión.

Las novedades de esta propuesta didáctica, basada en el artículo de Garvín *et al.* (1997), han sido:

- Introducir en la dinámica de gamificación siete enfermedades genéticas diagnosticadas como graves, con el fin de tener una representación de la amplia gama de alteraciones genéticas existentes que producen enfermedades. Además, este tipo de enfermedades también pone de manifiesto aquéllas que pueden ser tratadas mediante técnicas y tratamientos médicos (*p.e.* raquitismo hipofosfatémico, anemia falciforme) como aquéllas que son incurables (*p.e.* la enfermedad del Alzheimer, el síndrome de Down o el síndrome de duplo Y).
- La búsqueda guiada de información a través de Internet, con el fin de potenciar la competencia digital, el trabajo autónomo, la comprensión lectora y el análisis crítico de la información existente en la red.
- La reunión con el grupo de expertos de la enfermedad, con el fin de que los estudiantes justifiquen o argumenten basándose en los datos que tienen, que describan, expliquen y detecten problemas; potenciar el trabajo en equipo; desarrollar la capacidad de comunicación, la confianza, el respeto hacia los propios y ajenos de los valores y actitudes; y concienciar sobre la relación existente entre ciencia y sociedad.

Con todo ello, los contenidos que se han trabajado finalmente mediante esta intervención didáctica han sido de tres tipos: actitudinales, conceptuales y procedimentales.

#### **Actitudinales:**

- Potenciar la conciencia científica y enmarcar la labor científica dentro de su contexto social, ético y político amplio.

- Aumentar la conciencia sobre las cuestiones que surgen de los avances de la genética humana.
- Desarrollar y potenciar la conciencia ética, moral, el respeto hacia la diversidad de opiniones, la capacidad de comunicación y la confianza.

**Conceptuales:**

- Conocer los conceptos básicos de la genética mendeliana y aplicar las leyes de Mendel en la resolución de problemas de genética.
- Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, relacionando tanto el papel en la evolución como en las enfermedades.
- Entender la herencia del sexo y resolver problemas prácticos sobre la herencia del sexo y la herencia ligada al sexo.
- Conocer la herencia de algunas enfermedades que afectan a los seres humanos e identificar las enfermedades hereditarias más frecuentes y su alcance social.
- Conocer las nuevas tecnologías utilizadas en la identificación de genes involucrados.
- Describir las pruebas prenatales y de portadores.

**Procedimentales:**

- Desarrollar la capacidad de trabajar en equipo y la capacidad de expresar de forma oral y escrita la naturaleza y los efectos de algunas enfermedades hereditarias, las nuevas tecnologías utilizadas en la identificación de los genes involucrados, las pruebas prenatales y de portadores, y algunas cuestiones que surgen en los avances en la genética.
- Reconocer la situación problemática.
- Identificar las partes del problema.
- Identificar e interpretar los datos y variables.
- Justificar y argumentar basado en las evidencias.
- Identificar y analizar ideas e información en material escrito.
- Contrastar ideas.
- Buscar información guiada y no guiada en diferentes materiales.
- Elaborar un informe a partir de cuestiones concretas y preguntas abiertas, además de argumentar cada una de las decisiones tomadas.

Las dificultades y las inquietudes previas al implantar dicha la propuesta didáctica al aula han consistido:

- El nivel de implicación de los alumnos, aunque, como se ha comentado, ha resultado ser un grupo bastante participativo e implicado.
- Las implicaciones familiares, ya sea porque algún familiar padezca la enfermedad genética, cuestiones éticas, morales, religiosas, etc.
- La adaptación y organización al escaso tiempo disponible, puesto que únicamente se ha dispuesto de dos sesiones para la realización de la actividad principal.
- El nivel de competencia digital y el saber seleccionar información de calidad por Internet, así como la distracción que surge al realizar una actividad cuya principal herramienta es la red.

Para finalizar este apartado de conclusiones, afirmar que todos estos contenidos, y con ellos los objetivos de la propuesta didáctica, fueron realizados de forma satisfactoria, ya que los estudiantes supieron justificar y argumentar todas las actividades basándose en la información y los datos recabados. Además, las actitudes tanto científicas como sociales y su relación que se quería inculcar entre el alumnado también se considera que se ha logrado, como se puede observar en la actividad del juego de rol (figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10).

## 7.2. Evaluación de la propuesta didáctica por parte de los alumnos y alumnas

Con el propósito de tener una visión global sobre la intervención didáctica realizada en el centro, se ha realizado un cuestionario de satisfacción (anexo IX) a los estudiantes en la última sesión que han podido realizar en ordenadores y entregar por correo de forma anónima. En ella, se ha diferenciado dos partes: la evaluación de la propuesta didáctica y la evaluación con respecto a las actividades realizadas.

La encuesta de satisfacción recoge 13 aspectos sobre la propuesta didáctica, que son valoradas del 1 al 5 (“en total desacuerdo” y “totalmente de acuerdo”, respectivamente), y 3 preguntas más sobre la opinión de los estudiantes.

En la primera parte de la encuesta de satisfacción, relacionada con los aspectos que tienen que ver con la propuesta didáctica, el 46,9% de los alumnos están satisfechos y el 41,1% están muy satisfechos con la propuesta didáctica (figura 11)



Figura 11. Valoración realizada por los alumnos en relación con la intervención didáctica realizada. En el eje de abscisas se presenta las preguntas y, en el de ordenadas, la cantidad de alumnos.

En la segunda parte, la que valora las actividades llevadas a cabo durante la intervención didáctica, los porcentajes están más repartidos: el 30,7% está muy satisfecho con las actividades y el 33,6% está satisfecho. Cabe destacar que, la cuestión 13 el alto porcentaje de estudiantes que valoró con un 1, hace valorar si se hubiera preferido dar las clases con la metodología tradicional (es decir, clases totalmente magistrales) (anexo IX) (figura 12)

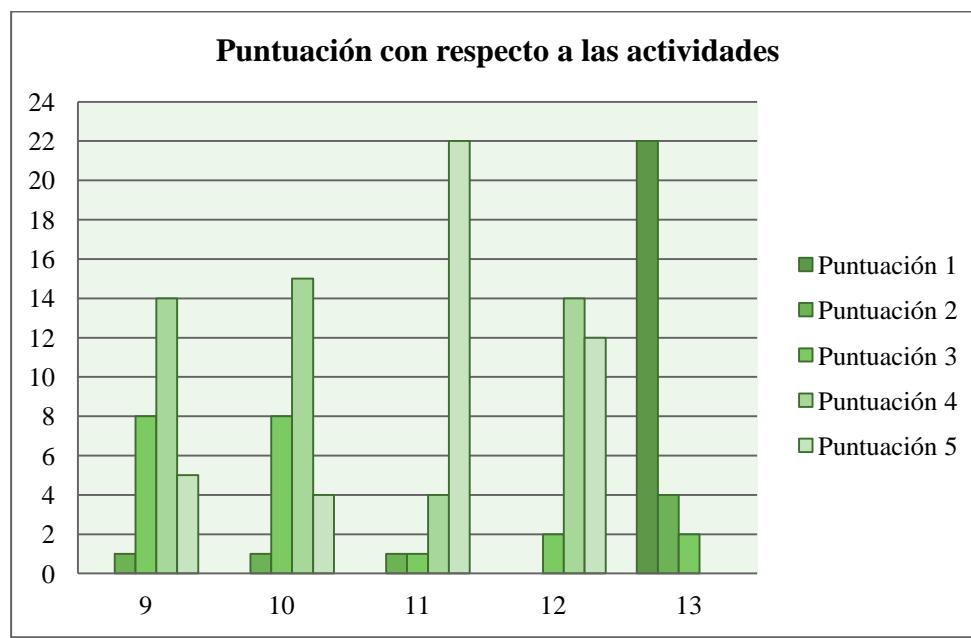


Figura 12. Valoración realizada por los alumnos en relación con las actividades realizadas. En el eje de abscisas se presenta las preguntas y, en el de ordenadas, la cantidad de alumnos.

### 7.3. Evaluación propia de la propuesta didáctica

La propuesta didáctica expuesta anteriormente ha resultado ser una propuesta interesante y motivadora desde el punto de vista del alumnado. El romper con el esquema de unas clases mayormente magistrales a una en la que, a pesar de ser una parte magistral, involucrar a los alumnos a participar y realizar en una gran parte del tiempo actividades prácticas les ha resultado favorecedor para su aprendizaje.

A pesar del gran esfuerzo anterior y simultáneo a las prácticas, este periodo dentro del máster ha resultado estimulante y optimista para mi futuro docente, puesto que he podido constatar en primera persona lo que los profesores del máster nos iban anticipando: lo primero de todo, que ser profesor era una profesión que requería una gran dedicación y que, a su vez, era muy satisfactoria y estimulante; y lo segundo de todo, que el ser profesor es un trabajo que requiere estar en constante formación.

Centrándose en la actividad principal, es reseñable la incertidumbre generada acerca de la actitud de los estudiantes frente a la misma, ya que, los alumnos ante una actividad diferente y novedosa, se excitan más y, si esa excitación no se canaliza debidamente (puesto que en total son 28 alumnos), no se puede llegar a desarrollar correctamente la actividad y se puede perder parte del potencial educativo de la misma.

No obstante, la actividad fue aceptada y realizada exitosamente, pudiendo gratamente destacar la rapidez con la que se formaron las parejas de trabajo, la facilidad con la que resolvieron los problemas de herencia de la enfermedad, el buen trabajo de búsqueda de información por Internet que realizaron y el buen trabajo en equipo que realizaron los “grupos de enfermedad” al compartir la información encontrada por parejas y la exposición a los otros grupos.

Al finalizar la actividad, varios estudiantes expresaron que les había gustado, explicando que les había resultado educativa a la par de divertida la manera de mezclar la enseñanza con el juego, ya que era una forma de realizar problemas de genética de una forma mucho más práctica debido a la contextualización del ejercicio.

### 7.4. Propuestas de mejora

Para finalizar las propuestas de mejora que propondría son:

- Enfocar la actividad principal como una investigación dirigida para explicar la unidad de “genética y el ser humano”, ya que principalmente consiste en la explicación de las enfermedades genéticas, sus características hereditarias y técnicas de diagnóstico.

- Al orientarlo de esta manera, el proyecto de innovación daría cabida a que los alumnos tuvieran más tiempo para indagar sobre las enfermedades asignadas y poder exponer los resultados de su búsqueda a todas la clase por grupos de expertos.
- Con la finalidad de acercar a los estudiantes a la ciencia, se podría plantear la exposición de su trabajo tipo congreso, realizando un póster, exposición o vídeo en el que tuvieran que exponer las ideas principales de su investigación y maquetarlo de una forma atractiva al público, reforzando así la competencia lingüística y la competencia digital e introduciendo la competencia en conciencia y expresiones culturales.
- La evaluación se podría realizar con una rúbrica, teniendo en cuenta tanto el trabajo y los resultados durante el desarrollo y al final de la actividad, y el trabajo cooperativo realizado en pareja y con el grupo de expertos de la enfermedad.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, A. M., Muela, F. J., y Quijano, R. (2002). Herencia y genética: concepciones y conocimientos de los alumnos (1<sup>a</sup> fase). *XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales Relación Secundaria Universidad*, 200-206.
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (2), 227-243.
- 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 Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 179-192.
- Casanova, M. A. (2007). Evaluación: Concepto, tipología y objetivos. *España: La Muralla*.
- Chavarría, S., Bermúdez, T., Villalobos, N., y Morera, B. (2012). El modelo Bandler- Grinder de aprendizaje y la enseñanza de genética mendeliana en estudiantes costarricenses de décimo año. *Cuadernos de Investigación UNED*, 4(2).
- Contreras, R.S. (2016). Juegos digitales y gamificación aplicados en el ámbito de la educación. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 19, 27-33.
- Contreras, R.S. y Eguia J.L. (2016). *Gamificación en las aulas universitarias*. (Contreras, R.S. y Eguia, J.L., Eds.) Barcelona: Institut de la Comunicació.
- De Pro, A. (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique. Didáctica de las Ciencias experimentales*, 73, 69-76.

- García, J.A., Quinto, P. y Martínez, J. (2015). Comprensión del modelo hereditario de Mendel tras la enseñanza habitual en alumnos de educación secundaria obligatoria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 29, 275-299.
- Garrido, M.C. y González, F. (2017). La genética en los textos de estudio de la educación secundaria obligatoria: ¿se hace caso a la investigación didáctica? *Enseñanza de las Ciencias*, 1225-1260.
- Garvin, W., Adley, C., Dixon, B., Frings, J., Madden, D., Marcussen, L., Turner, J. y Wymer, P. (1997). Unidad didáctica 4: temas de genética humana. EIBE
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1, pp. 26-33.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, pp. 197-212
- Gil, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, pp. 17-32.
- 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.
- González-Sánchez, E., Acebal, M.C. y Brero, V. (2014). “Evaluación del cambio actitudinal a partir de metodologías áulicas innovadoras en ciencias” en MENDIETA, A.S. Líneas emergentes en la investigación de vanguardia. pp. 277-288. McGraw-Hill Interamericana de España, SL. Madrid (España).
- González-Sánchez, E., Acebal, M.C. y Brero, V. (2015). Metodologías áulicas innovadoras en ciencias para promover actitudes y valores. Segunda etapa. *Opción, Año 31*, nº Especial (4), 564-580.
- 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), pp. 307-327.
- Jiménez, H. (TED-Ed). (2013). *Cómo nos ayudaron las plantas de guisantes de Mendel a entender la genética* [Youtube]. Recuperado de: <https://ed.ted.com/lessons/how-mendel-s-pea-plants-helped-us-understand-genetics-hortensia-jimenez-diaz>
- Jiménez Aleixandre, M.P. y Díaz De Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: Cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), 359-370.
- Johnstone, A., y Mahmoud, N. (1980). Isolating topics of high perceive difficulty school biology.

- Journal of Biological Education*, 14(2), 163-166.
- Jorba, J., Gómez, I. y Prat, A. (2000). Hablar y escribir para aprender: uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares. Madrid: Síntesis.
- Llorens-Largo, F., Gallego-Durán, J., Villagrá-Arnedo, C.J., Compañ-Rosique, P., Satorre-Cuerda, R. y Molina-Carmona, R. (2016). Gamificación del Proceso de Aprendizaje: Lecciones Aprendidas. *Versión Abierta Español Portugués*, 4 (1), 25-32.
- Martínez Aznar, M. M. e Ibáñez Orcajo, M. T. (2006). Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 193-206.
- Mellado, V. y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, pp. 331-339.
- Morales, P. y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13 (1), 145-157.
- National Committee On Science Education Standards And Assessment, NRC. (1996). National Science Education Standars. Washington, DC: National Academy. Recuperado de [http://www.csun.edu/science/ref/curriculum/reforms/nses/nses-complete.pdf..](http://www.csun.edu/science/ref/curriculum/reforms/nses/nses-complete.pdf)
- National Geographic (2000). *The six experiments that change the world. Mendel and the pea*. [Youtube]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=okK7aJv7p0U>
- Orden de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. Anexo II, Currículo de las materias de la ESO (Biología y Geología). Boletín Oficial de Aragón. Zaragoza, 3 de junio de 2016, núm. 106, pp. 13462-14390.
- Quintaral, F. (2016). Aplicación de herramientas de gamificación en física y química de secundaria. *Opción, Año 32, Especial*(12), 327-348.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 3 de enero de 2015, núm. 3, pp. 169-546.
- Rodríguez, A. (1995). La didáctica de la genética: Revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 379-385.
- Sánchez i Peris, F.J. (2015). Gamificación. *Education in the Knowledge Society*, 16 (2), 13-15.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis, S.A.

## 9. ANEXOS

<b>9.1. Anexo I: Evaluación inicial</b>	<b>41</b>
<b>9.2. Anexo II: Problema de la sesión de <i>flipped classroom</i></b>	<b>42</b>
<b>9.3. Anexo III: Problemas de casos genéticos especiales</b>	<b>43</b>
<b>9.4. Anexo IV: Protocolos para la realización de problemas de herencia biológica</b>	<b>44</b>
<b>9.5. Anexo V: Tarjetas genéticas</b>	<b>45</b>
<b>9.6. Anexo VI: Hoja de trabajo 1 “Informe médico”</b>	<b>46</b>
<b>9.7. Anexo VII: Hoja de trabajo 2 “Cadena de decisiones”</b>	<b>47</b>
<b>9.8. Anexo VIII: Prueba final</b>	<b>48</b>
<b>9.9. Anexo IX: Encuesta de satisfacción</b>	<b>51</b>

### 9.1. Anexo I: Evaluación inicial

#### PARA COMENZAR

Nombre:

Correo electrónico:

*Cuando hablamos de la información que se transmite de padres a hijos, ¿a qué nos estamos refiriendo? ¿Qué información heredamos los hijos?*

*¿Tienes alguna característica en común con tus padres, abuelos y/o hermanos? ¿Cuál?*

*¿Conoces alguna ley de transmisión de características de padres a hijos? Si es así, ¿cuál?*

*¿De qué depende que una persona sea hombre o mujer?*

*¿Qué consecuencias tienen las mutaciones para los organismos?*

## 9.2. Anexo II: Problema de la sesión de *flipped classroom*

### APLICACIÓN DE LAS LEYES DE MENDEL

**Nombre:**

**Apellidos:**

Una industria agroalimentaria necesita un suministro continuo de guisantes amarillos y lisos para su envasado y venta posterior. Para ello establecieron una gran plantación de plantas de guisante, en un invernadero y bajo condiciones controladas; así cada planta puede originar decenas de semillas. Los guisantes que se utilizaron en la siembra fueron todos de la variedad deseada amarilla-lisa.

Cuando crecieron las plantas se permitió su autofecundación (el polen de las flores de cada planta fecundó sus mismos óvulos, ya que en ellas los estambres y el pistilo permanecen muy cerca y están aislados del exterior por sus propios pétalos que los envuelven). Al llegar la recolección, en contra de lo esperado, se observaron tres variedades de plantas, según se describen a continuación:

- a) Variedad 1: plantas donde todos los guisantes eran amarillos y lisos.
- b) Variedad 2: plantas donde aparecían sobre todo guisantes amarillos y lisos pero también verdes y lisos.
- c) Variedad 3: Plantas donde aparecían sobre todo guisantes amarillos y lisos, pero también verdes-lisos y amarillos-rugosos y en menor proporción verdes y rugosos.

Utiliza lo que has aprendido del modelo de herencia de Mendel para explicar las causas de que haya ocurrido así.

### 9.3. Anexo III: Problemas de casos genéticos especiales

#### PROBLEMA 1

Dos hombres (padre 1 y padre 2) reclaman en un juzgado la paternidad de un niño, cuyo grupo sanguíneo es O. la madre es del grupo sanguíneo A, mientras que el posible padre 1 es B y el posible padre 2 es AB. Razone si puede servir esta información para indicar cuál de ellos no es su padre. Propón los posibles genotipos para el niño, la madre y los padres

#### PROBLEMA 2

Tres gallinas de cresta en “nuez” fueron cruzadas con individuos de cresta sencilla. En un caso, la descendencia fue toda cresta en “nuez”. En otro caso, uno de la descendencia fue de cresta sencilla. En el tercer caso, la descendencia fue cresta en “nuez” o bien cresta en “guisante”. Averigua los genotipos de todos los progenitores y de la mencionada descendencia.

#### PROBLEMA 3

En los ratones de campo existe un gen que determina el color pelo amarillo y que es dominante sobre el que determina el color normal o de tipo salvaje. El tamaño de la cola esta determinada por una pareja alélica, de tal manera que el gen dominante determina tamaño de cola corta mientras que el recesivo determina tamaño normal o de tipo salvaje. Ambas parejas de genes se transmiten a la descendencia independientemente la una de la otra. Aquellos embriones que son homocigotos para uno o para los dos genes dominantes mueren antes de nacer. ¿En qué proporción y cómo serán los fenotipos de la descendencia de un cruzamiento entre un macho de color amarillo y cola corta con una hembra de las mismas características?

#### PROBLEMA 4

El color verde de los ojos en las personas se debe a un alelo recesivo (el más recesivo de todos, pero menos recesivo que el color de ojos gris) respecto al alelo para el color de ojos negros (el más dominante de todos). El padre y la madre de una mujer con ojos verdes tienen los ojos negros. La hija de ojos verdes se casó con un hombre de ojos marrones, cuya madre era de ojos azules y cuyo padre tenía los ojos marrones. ¿Cómo será su descendencia? Indica los genotipos de todos ellos.

#### PROBLEMA 5

Al realizar un cruzamiento entre una mariposa de alas grises con otra de alas negras se obtuvo una descendencia formada por 93 mariposas de alas negras y 93 mariposas de alas grises. La mariposa de alas grises se cruzó con otra que presenta alas blancas, obteniéndose una descendencia formada por 35 mariposas blancas y 35 mariposas grises. Averiguad los genotipos de todas las mariposas. Razona tu respuesta.

## 9.4. Anexo IV: Protocolos para la realización de problemas de herencia biológica

### RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE GENÉTICA

Con los problemas de genética se pretende averiguar los genotipos a partir de los datos fenotípicos o prever los tipos de descendientes de un cruzamiento, así como las frecuencias de aparición.

La resolución de estos problemas es sencilla si se aplica un razonamiento matemático y se sigue una serie de etapas:

- 1) Indicar con una notación correcta el significado de los símbolos que van a emplearse: las letras para los dos alelos de un mismo carácter serán la mayúscula y la minúscula (**A, a**) o la misma letra con subíndices (**a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>**) o superíndices (**a<sup>h</sup>, a<sup>m</sup>**).
- 2) Establecer la relación de dominancia existente entre los alelos: este dato debe proporcionarse en el enunciado del problema o deducirse del mismo. Por ello, conviene leer el enunciado completo antes de comenzar la resolución pues, en ocasiones, la información para establecer la relación de dominancia se encuentra al final del problema.
- 3) Cuando existe dominancia de un alelo sobre el otro, siempre se debe emplear la letra mayúscula para el alelo dominante y la minúscula sobre el alelo recesivo. Además, se anotará el símbolo “>” entre el primero y el segundo.
- 4) Cuando existe codominancia entre dos alelos, se debe emplear el símbolo “=” entre ambos.
- 5) En los esquemas de transmisión de caracteres ligados al sexo, los alelos se colocan en los cromosomas donde se localizan.
- 6) **X<sub>a</sub>Y** indica que el alelo a se localiza en el cromosoma X.
- 7) **XY<sub>a</sub>** indica que el alelo a se localiza en el cromosoma Y.
- 8) Releer el enunciado del problema y anotar los genotipos conocidos con la simbología citada. Conviene indicar con los **símbolos masculino y femenino** el sexo de cada individuo. Los genotipos de los individuos pertenecientes a la **misma generación (abuelos, padres, nietos)** deben ponerse al mismo nivel. Los cruzamientos se indicarán con el símbolo “x”.
- 9) Tener en cuenta la **importancia de ciertas palabras** del enunciado (todos, ninguno, siempre, nunca, etc.), ya que suelen ser clave para la resolución del problema.
- 10) Resolver el problema tras establecer el esquema de los cruzamientos: la resolución deberá contar con una **deducción razonada de los genotipos y los fenotipos** pedidos y calcular la **frecuencia** de cada uno, teniendo en cuenta el total de individuos posibles. Resulta de gran ayuda colocar debajo de cada genotipo los tipos de **gametos** formados.

Repasar el proceso y la solución antes de dar por resuelto el problema

## 9.5. Anexo V: Tarjetas genéticas

SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: FIBROSIS QUÍSTICA ESTADO: NORMAL	SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: FIBROSIS QUÍSTICA ESTADO: ENFERMO	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: FIBROSIS QUÍSTICA ESTADO: NORMAL	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: FIBROSIS QUÍSTICA ESTADO: ENFERMA
SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: ANEMIA FALCIFORME ESTADO: NORMAL	SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: ANEMIA FALCIFORME ESTADO: ENFERMO	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: ANEMIA FALCIFORME ESTADO: NORMAL	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: ANEMIA FALCIFORME ESTADO: ENFERMA
SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: HEMOFILIA ESTADO: NORMAL	SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: HEMOFILIA ESTADO: ENFERMO	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: HEMOFILIA ESTADO: PORTADORA	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: HEMOFILIA ESTADO: ENFERMA
SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: RAQUITISMO HIPOFOSFATÉMICO ESTADO: NORMAL	SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: RAQUITISMO HIPOFOSFATÉMICO ESTADO: ENFERMO	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: RAQUITISMO HIPOFOSFATÉMICO ESTADO: NORMAL	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: RAQUITISMO HIPOFOSFATÉMICO ESTADO: ENFERMA
SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: SÍNDROME DE DOWN ESTADO: NORMAL	SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: SÍNDROME DE DOWN ESTADO: ENFERMO	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: SÍNDROME DE DOWN ESTADO: NORMAL	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: SÍNDROME DE DOWN ESTADO: ENFERMA
SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: ALZHEIMER ESTADO: NORMAL	SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: ALZHEIMER ESTADO: ENFERMO	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: ALZHEIMER ESTADO: NORMAL	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: ALZHEIMER ESTADO: ENFERMA
SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: SÍNDROME DE DUPLO Y ESTADO: ENFERMO	SEXO: VARÓN ENFERMEDAD: SÍNDROME DE DUPLO Y ESTADO: ENFERMO	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: SÍNDROME DE DUPLO Y ESTADO: NORMAL	SEXO: MUJER ENFERMEDAD: SÍNDROME DE DUPLO Y ESTADO: NORMAL

## 9.6. Anexo VI: Hoja de trabajo 1 “Informe médico”

### HOJA DE TRABAJO 1: INFORME MÉDICO

Acabas de seleccionar una tarjeta de varón o mujer de un color y con una enfermedad particular. ¡No te preocupes si no se trata del sexo que te corresponde!

Busca una pareja, esto es, alguien que tenga una tarjeta del mismo color que la tuya pero del sexo opuesto (en la tarjeta). ¡Durante la duración de esta actividad seréis marido y mujer!

Volved las tarjetas y ponedlas una al lado de la otra. Cada tarjeta contiene información de las pruebas de identificación genética acerca de vuestra herencia para una de las siete enfermedades que hemos trabajado: fibrosis quística, anemia falciforme, hemofilia, raquitismo hipofosfatémico, síndrome de Down, síndrome de duplo Y y Alzheimer.

**En base a esta información, ¿creéis que tenéis riesgo de tener hijos que pueden sufrir la enfermedad?**

**Razonad por qué vuestros hijos podrían sufrir de esta enfermedad genética y cuáles son las probabilidades de que sean afectados.**

**Encontrad información acerca de la enfermedad, qué tratamientos hay disponibles, etc.**

<b>Enfermedad:</b>	
<b>Tipo de alteración:</b>	
<b>Sexo:</b>	<b>Sexo:</b>
<b>¿Padece la enfermedad?</b>	<b>¿Padece la enfermedad?</b>
<b>Probabilidad de que los descendientes la padecan:</b>	
<b>Técnicas y tratamientos existentes:</b>	

## 9.7. Anexo VII: Hoja de trabajo 2 “Cadena de decisiones”

### HOJA DE TRABAJO 2: CADENA DE DECISIONES

Habiendo identificado la enfermedad genética en tu familia “de riesgo” y habiendo descubierto tanto como puedas acerca de ella, intenta tomar las siguientes decisiones, que deben ser tomadas de mutuo acuerdo dentro de la pareja.

#### **DECISIÓN 1: ¿Tendréis hijos? Dad razones para vuestra decisión.**

Tanto si habéis decidido tener hijos como si no, considerad las diversas opciones de las que disponéis (tener hijos de manera normal, adoptar hijos, selección de embriones, fertilización *in vitro* con donante, aborto, etc.)

#### **DECISIÓN 2: Considerad todas las posibilidades y ponedlas en orden de preferencia.**

Con independencia de vuestra decisión anterior, imaginad que la mujer acaba de quedarse embarazada.

#### **DECISIÓN 3: ¿Pediréis una prueba de diagnóstico prenatal? Dad las razones para vuestra decisión.**

Imaginaos que habéis decidido someteros a la prueba de diagnóstico prenatal y que el resultado es positivo.

#### **DECISIÓN 4: Decidid qué opciones existen en la actualidad y qué haríais. De nuevo, dad razones para vuestra decisión.**

Con independencia de la decisión que hayáis adoptado, imaginad que habéis decidido proseguir con el embarazo.

#### **DECISIÓN 5: Seleccionad los tratamientos actualmente disponibles. Intentad presentarlos por orden de preferencia.**

La situación anterior trataba acerca de una enfermedad genética grave. Al aprender más acerca de la predisposición genética a más enfermedades (cáncer, enfermedades coronarias, etc.) decisiones como esas podrían hacerse comunes (y en algunos casos, difíciles).

#### **DECISIÓN 6: ¿Serían diferentes vuestras decisiones si la enfermedad fuese: enfermedad coronaria, diabetes, daltonismo, esquizofrenia o pies planos?**

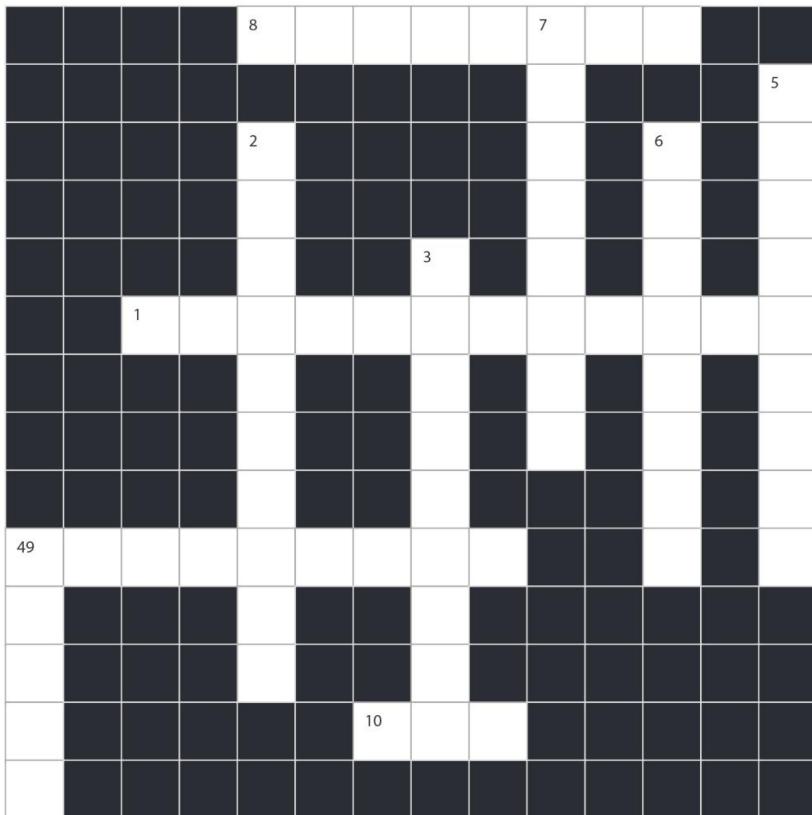
### 9.8. Anexo VIII: Prueba final

#### EXAMEN 4º E.S.O. (BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA)

Nombre:

Apellidos:

##### 1) CRUCIGRAMA (1 pto.)



Horizontal:

- 1: Individuo que posee dos alelos distintos para el mismo carácter. **(0,1 ptos.)**  
4: Cromosomas no sexuales. **(0,1 ptos.)**  
8: Existencia de un cromosoma extra en un organismo diploide ( $2n+1$ ). **(0,1 ptos.)**  
10: Unidad estructural y funcional de información genética. **(0,1 ptos.)**

Vertical:

- 2: Alteración genética que dificulta la capacidad de diferenciar colores. **(0,1 ptos.)**  
3: Alelo cuya presencia impide que se manifieste la acción de otro alelo distinto para el mismo carácter. **(0,1 ptos.)**  
5: Refleja el número, el tipo y la estructura de los cromosomas. **(0,1 ptos.)**  
6: Expresión externa del genotipo, resultado de la interacción con un determinado ambiente. **(0,1 ptos.)**  
7: Alteraciones en el material genético. **(0,1 ptos.)**  
9: Distintas formas que puede presentar un determinado gen. **(0,1 ptos.)**

**2) TEST (1 pto.)**

- a) Cuando dos individuos de raza pura se cruzan, los descendientes de la primera generación filial... **(0,2 ptos.)**
- Son diferentes tanto en genotipo como en fenotipo.
  - Poseen el mismo fenotipo y distinto genotipo.
  - Tienen el mismo fenotipo y genotipo.
  - Poseen diferente fenotipo e igual genotipo.
- b) Cuando existen varios alelos para definir un carácter, estamos hablando de... **(0,2 ptos.)**
- Interacción génica.
  - Alelismo múltiple.
  - Herencia cuantitativa.
  - Codominancia.
- c) ¿En qué caso la hembra determina el sexo de la descendencia? **(0,2 ptos.)**
- Sistema XX/XO.
  - Sistema XX/XY.
  - Sistema ZZ/ZW.
- d) El corpúsculo de Barr... **(0,2 ptos.)**
- Es el resultado de la inactivación del cromosoma sexual X femenino al final de la mitosis, visible en las células somáticas.
  - Es el resultado de la inactivación del cromosoma sexual X masculino al final de la mitosis, visible en las células somáticas.
  - Es el resultado de la inactivación de los dos cromosomas sexuales X femeninos al final de la mitosis, visible en las células somáticas.
  - Es el resultado de la inactivación del cromosoma sexual Y masculino al final de la mitosis, visible en las células somáticas.
- e) La amniocentesis está indicada cuando... **(0,2 ptos.)**
- El padre tiene más de 35 años.
  - La madre tiene más de 35 años.
  - El padre tiene menos de 35 años.
  - La madre tiene menos de 35 años.

**3) PROBLEMA 1 (2 ptos.)**

El color azul de ojos en las personas se debe a un alelo autosómico y recesivo respecto al alelo para el color pardo. El padre y la madre de un varón con ojos azules tienen los ojos pardos: ¿Cuáles son sus genotipos? **(1 pto.).**

El hijo de ojos azules se casó con una mujer de ojos pardos, cuya madre era de ojos azules y cuyo padre era de ojos pardos. Indica los genotipos de todos ellos **(1 pto.).**

**4) PROBLEMA 2 (2 ptos.)**

En la raza vacuna Ayrshire existe la siguiente relación entre genotipos y fenotipos:

GENOTIPO	FENOTIPO (Color de pelo)
RR	Caoba
rr	Rojo
Rr	Caoba (macho) Rojo (hembra)

Una vaca de color caoba tiene un ternero/-a de color rojo.

- a) ¿Cuál es el sexo de ese ternero/-a? (**0,6 ptos.**)
- b) ¿De qué color es el pelo del padre? (**0,6 ptos.**)
- c) ¿Es posible que una vaca y un toro rojos tengan un ternero de color caoba? (**0,8 ptos.**)

**5) PROBLEMA 3 (2 ptos.)**

¿Cómo serán los hijos de un hombre con raquitismo hipofosfatémico y una mujer normal, si esta enfermedad está ligada al cromosoma X y depende de un gen dominante?

## 9.9. Anexo IX: Encuesta de satisfacción

### ENCUESTA DE SATISFICACIÓN

Estimado/a alumno/a: con el objetivo de evaluar vuestra satisfacción con respecto a la metodología empleada para impartir los temas de herencia genética y genética humana, me gustaría que rellenaras este cuestionario, contestando con la mayor sinceridad de acuerdo a la siguiente valoración:

1. En total desacuerdo.
2. En desacuerdo.
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
4. De acuerdo.
5. Totalmente de acuerdo.

EN CUANTO A LA UNIDAD DIDÁCTICA		1	2	3	4	5
1	La estructura de la unidad didáctica (temario) me ha parecido adecuada.					
2	Los materiales facilitados por la profesora me han permitido la compresión de los temas.					
3	Las actividades realizadas me han parecido adecuadas y han fomentado mi curiosidad respecto a la herencia genética y la genética humana.					
4	Pienso que es importante entender la genética, la herencia y las enfermedades genéticas ya que son temas que influyen en la vida cotidiana.					
5	He participado en las actividades y debates que han surgido en clase.					
6	He colaborado cuando se han realizado trabajos en grupales.					
7	Esta propuesta didáctica (temario) me ha servido para corregir pensamientos y conceptos erróneos que tenía sobre genética.					

8	La Herencia Genética y la Genética Humana me han parecido interesantes.					
<b>EN CUANTO A LAS ACTIVIDADES</b>						
9	Los problemas realizados me han resultado fáciles de resolver.					
10	He podido resolver los problemas de genética sin dificultad.					
11	Las actividades realizadas me han parecido interesantes.					
12	Me gustaría que se continuara dando las clases de Biología y Geología de este modo.					
13	Hubiera preferido que estos temas se hubieran impartido de forma tradicional.					
14	De todas las actividades la que más me ha gustado ha sido:					
15	De todas las actividades la que menos me ha gustado ha sido:					
16	Otras observaciones y sugerencias:					
Muchas gracias por vuestra colaboración.						