

**MÁSTER DE PROFESORADO DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y
BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS**

ESPECIALIDAD: BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA



Universidad de Valladolid

**GENÉTICA MOLECULAR EN EL AULA: PROPUESTA DIDÁCTICA
PARA ALUMNADO DE 4º DE EDUCACIÓN SECUNDARIA
OBLIGATORIA**

**Autor: Almudena Pérez Arias
Tutor: Elena Bueno Martínez**

CREDO DEL APRENDIZAJE ACTIVO

“Lo que **escucho**, lo olvido.

Lo que escucho y **veo**, lo recuerdo un poco.

Lo que escucho, veo y **pregunto o converso** con otra persona,
comienzo a comprenderlo.

Lo que escucho, veo, converso y **hago**,
me permite adquirir conocimiento y aptitudes.

Lo que enseño a otro, lo domino”.

Mel Silberman (1998) basado en declaraciones de Confucio a.c

De conformidad con el artículo 14.11 de la Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres, todas las denominaciones que, en virtud del principio de economía del lenguaje, se hagan en género masculino inclusivo referidas a titulares o miembros de órganos o a colectivos de personas a lo largo de este Trabajo de Fin de Máster, se entenderán realizadas tanto en género femenino como en masculino.

RESUMEN

En este Trabajo de Fin de Máster se analizaron los conocimientos de genética molecular en el alumnado de 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) un par de meses después de que se hubieran examinado de dicha unidad didáctica. Los resultados sugirieron que la metodología tradicional basada en clases magistrales no era la más apropiada para el proceso de aprendizaje de los estudiantes ya que, no solo no recordaban información básica de lo estudiado, sino que mostraban carencias a la hora de interrelacionar los conceptos. El presente documento describe un diseño para impartir la genética molecular en las aulas de 4º ESO que potencie el aprendizaje activo, fomentando el papel protagonista del alumno en su proceso de aprendizaje. Como estrategia para este fin, se apuesta por una metodología en la que predomine la gamificación, el debate y la exposición.

Palabras clave

Genética molecular, 4º ESO, aprendizaje activo, gamificación, debate.

ABSTRACT

Molecular genetics knowledge of students of the fourth year of Compulsory Secondary Education (ESO) was assessed using a multiple-choice test at the beginning of this Master Dissertation. Aforesaid test was performed two months after they had already taken the test of that lesson. Results showed that students could not remember basic concepts they had already studied or how different concepts interrelate, suggesting that, nowadays, traditional master class-based methodology might not be the most appropriated for these students. The present document describes a new active learning lesson plan for molecular genetics in the 4th year of ESO, designed to promote the main role of students during their learning process. In order to achieve this goal, a methodology based on gamification, discussion forums and expositions is suggested for this unit plan.

Key words

Molecular genetics, 4th ESO, active learning, gamification, discussion.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.1. IMPORTANCIA DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.....	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2. OBJETIVOS.....	8
3. MARCO TEÓRICO	8
3.1. TEORÍA CONSTRUCTIVISTA.....	9
3.2. APRENDIZAJE ACTIVO.....	13
3.2.1. La gamificación en el contexto educativo	15
3.2.2. El debate y la exposición	20
4. PROPUESTA DE UNIDAD DIDÁCTICA.....	21
4.1. MARCO LEGISLATIVO	21
4.2. OBJETIVOS.....	22
4.3. CONTEXTUALIZACIÓN	23
4.4. COMPETENCIAS	26
4.5. CONTENIDOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES	27
4.6. METODOLOGÍA.....	30
4.6.1. Orientada a la inclusión	30
4.6.2. Orientada a contenidos y competencias	32
4.7. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD.....	35
4.8. RECURSOS	38
4.9. SECUENCIA Y TEMPORALIZACIÓN	39
4.10. EVALUACIÓN.....	46
4.10.1. Recuperación.....	48
5. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA	48

6. CONCLUSIONES	51
7. BIBLIOGRAFÍA	54
8. WEBGRAFÍA	58
9. ANEXOS	60
ANEXO I: Cuestionario de ideas previas de genética.	60
ANEXO II: Vídeos (recurso de ampliación y de refuerzo)	61
II a) Replicación:	61
II b) Expresión génica	61
ANEXO III: TimelineExpresión Génica	62
ANEXO IV: Actividades de expresión génica	63
IV a) Problemas de expresión génica	63
IV b) Actividades de refuerzo	64
IV c) Actividades de ampliación	64
ANEXO V: PIRÁMIDE DE LA GENÉTICA	65
ANEXO VI: JUEGO DE ROL.....	65
VI a) Comienzo y puesta en escena.	65
VI b) Tarjetas del juego para resolver	67
VI c) Tarjetas del juego para cada escenario.....	68
VI d) Tarjetas para resolver adaptadas a dislexia.	71
VI e) Tarjetas para resolver de ampliación.....	71
ANEXO VII: Examen tipo test.....	72
ANEXO VIII: Noticia “Salvar al bucardo”	73
ANEXO IX: Material complementario	75

1. INTRODUCCIÓN

La genética es una de las áreas de la biología más populares y aparece a menudo en los medios de comunicación para informarnos sobre el genoma humano, clones, alimentos transgénicos, la importancia del ADN en criminología y pruebas diagnósticas, o informarnos sobre otras aplicaciones como son las pruebas de paternidad, entre otras. La genética es la base fundamental para otras áreas de las ciencias como las de la salud, las agrarias o las ambientales. Como consecuencia, a menudo surgen debates acerca de las posibles repercusiones éticas y sociales derivadas del uso y aplicaciones de la genética.

Poseer o carecer de una base sólida de conocimientos de genética puede repercutir en la interpretación de la información que se recibe en la vida cotidiana, así como en tomar un papel activo y reflexivo para crear un juicio propio respecto a la evolución y aplicaciones de esta materia. La experiencia docente e investigadora conoce la dificultad existente en los estudiantes a la hora de tratar los contenidos sobre la herencia biológica, los caracteres hereditarios y su transmisión (Armenta, 2008), a la que hay que añadir también la falta de motivación en aquellos que no muestran interés por la genética. Se han identificado dificultades con la motivación debido a la predominancia de metodologías tradicionales empleadas por el docente.

El presente documento defiende el diseño de una unidad didáctica que incluya actividades en las que se apliquen recursos que favorezcan la asimilación de los contenidos de genética molecular en 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de una manera más efectiva que la que se esperaría si se imparte a través de una clase magistral tradicional. Se pretende que predomine el aprendizaje activo a través del diseño de actividades relacionadas con la gamificación, el debate, y la exposición por parte del alumnado.

2. JUSTIFICACIÓN

1.1. IMPORTANCIA DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

Hay varios factores que hacen especialmente importante llevar a cabo una mejora en la impartición de la unidad didáctica de Genética Molecular en 4º ESO:

- Es un área de la biología presente frecuentemente en medios de comunicación y no está libre de controversia ética y social. Por este motivo, es importante que el alumnado de secundaria reciba la información pertinente para poder evaluar la información que recibe de manera activa y poder generar un juicio propio.
- Los alumnos comienzan 4º ESO y 2º de Bachillerato (BTO) con ideas previas erróneas de genética que actúan como obstáculos para el aprendizaje. Las ideas erróneas a nivel de 4º ESO pueden deberse a información confusa o inespecífica recibida en su vida cotidiana; pero en el caso de bachillerato, hay que considerar que parte de las ideas erróneas puedan venir determinadas por una mala o escasa consolidación del temario estudiado durante 4º ESO.
- Similares unidades didácticas relacionadas con la genética molecular, en caso de cursar el bachillerato de Ciencias, se volverán a impartir en 2º BTO, por lo que, como docentes, somos responsables de que lleguen a dicho curso con una base sólida de la que partir.
- El temario de genética molecular se imparte en el último curso de la ESO, de manera que se presenta la última oportunidad para generar interés por las Ciencias Biológicas antes de que el alumnado decida qué camino tomar a continuación, ya sea la inserción laboral o continuar estudiando a nivel de ciclo formativo o bachillerato, donde deberán inclinarse hacia una rama académica.
- El nivel y la programación del curso al que va dirigido ofrece flexibilidad en la temporalización de las unidades didácticas, pudiendo facilitar la

aplicación de nuevas metodologías y explorar qué resultado se obtiene empleando diferentes estrategias durante su impartición.

La Genética Molecular de 4º ESO posee, por tanto, una gran repercusión dado que engloba contenidos aplicables tanto a nivel de la vida cotidiana, como a lo largo de la trayectoria académica en aquellos alumnos que seleccionen la vía de las ciencias. Esto lo convierte en una unidad didáctica de relevancia para el alumno y que, como consecuencia, merece la pena evaluar su situación e intentar mejorar su modo de impartición.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El informe del programa internacional para la evaluación de estudiantes (informe PISA) mide la capacidad de los estudiantes de poder entender y resolver problemas auténticos a partir de la aplicación de conocimientos de cada una de las áreas principales de estudio. En el caso de las ciencias, según el último informe, la evolución de las puntuaciones medias en ciencias ha presentado una disminución en su rendimiento mostrando un descenso estadísticamente significativo respecto a los últimos diez años (PISA, 2018).

Los alumnos muestran falta de interés en las aulas, así como desmotivación por aprender. Es necesario analizar qué dificultades encuentran los alumnos en el aprendizaje de esta materia, así como proponer metodologías innovadoras en la enseñanza de la misma (Caballero et al., 1997).

Entre las causas que dificultan la enseñanza de la genética molecular se encuentran las ideas previas de los estudiantes que actúan como obstáculo y dificultan la comprensión de la genética mendeliana bloqueando la comprensión de los mecanismos de la herencia, se dan confusiones terminológicas en conceptos genéticos y la dificultad de comprensión de la estadística compromete la asimilación de la genética (Caballero, 2008). Por otra parte, los alumnos tienden a asociar el

aprendizaje de las ciencias como un proceso pasivo en vez de como un proceso de construcción de conocimiento (Hammer, 1995).

Además de los factores citados anteriormente que afectan al aprendizaje de las ciencias, debemos plantearnos si la acción durante la impartición de la unidad didáctica es la más conveniente para mejorar los resultados. Durante las prácticas del Máster de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, se llevó a cabo una encuesta durante el curso escolar 2019/2020 en una de las clases de 4º ESO pertenecientes al colegio Nuestra Señora del Carmen, ubicado en Valladolid. Los alumnos realizaron una encuesta con preguntas similares a las que se emplean para sondear las ideas previas. Sin embargo, la encuesta se empleó para determinar qué información recordaban de lo que habían aprendido los alumnos, pues el grupo se había examinado del temario de genética molecular hacía tan solo dos meses. Los resultados de dicha encuesta se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1: Resultados de una encuesta de conocimientos de genética realizada a una clase de 4ºESO del colegio Nuestra Señora del Carmen (Valladolid) durante el curso académico 2019/2020.

ENCUESTA DE IDEAS SOBRE GENÉTICA POST-EXAMEN.		
PREGUNTA	OPCIONES DE RESPUESTA*	%*1
Señala cuál o cuáles de los siguientes organismos contienen material genético	Setas	85%
	Virus	46%
	Animales	92%
	Bacterias	77%
Señala cuáles de los siguientes organismos contienen cromosomas	Sólo setas y animales	15%
	Setas, virus, animales y bacterias	85%
	Sólo animales	0%
Señala cuáles de los siguientes organismos contienen genes	Setas y animales	31%
	Setas, virus, animales y bacterias	46%
	Sólo animales	23%
Cita las bases nitrogenadas del ADN	Cita 4 correctamente	46%
	Cita 3 correctamente	23%
	Cita 2 correctamente	8%
	Cita 1 correctamente	0%
Cita las bases nitrogenadas del ARN	Cita 4 correctamente	31%
	Cita 3 correctamente	8%
	Cita 2 correctamente	15%
	Cita 1 correctamente	8%
Tanto el ADN como el ARN contienen material genético	Verdadero	77%
	Falso	23%
Los cromosomas sexuales se encuentran sólo en los gametos	Verdadero	69%
	Falso	31%
Señala aquellos en los que se puede encontrar material genético	Pelo	62%
	Plumas	38%
	Sangre	100%
	Huesos	77%
Señala la respuesta correcta en cuanto a dónde podemos encontrar ADN	Óvulos y espermatozoides	8%
	Células de la sangre	8%
	Todas las células contienen ADN	85%
Las frutas y verduras no contienen ADN ni ARN	Verdadero	8%
	Falso	92%
Describe alguna aplicación de la genética	Responde alguna aplicación	62%*2
Qué diferencia hay entre genotipo y fenotipo	Responden correctamente	15%
	6	8%
	7	15%
	8	54%
	9	15%
	10	8%
En una escala sobre diez, ¿cómo de interesante te resulta la genética?		

*1 Porcentaje de alumnos que respondieron a cada opción siendo el tamaño del grupo N=13.

*2 Como respuesta citan su utilidad para predecir enfermedades y para resolver crímenes.

Según los contenidos de la tabla 1 se deduce que hay incongruencias entre las respuestas, lo que denota que hay una escasa asimilación de conceptos interrelacionados. Existe una confusión entre los organismos que contienen material genético, genes o cromosomas, por lo que esta información no ha sido organizada durante su aprendizaje. Aunque demuestran conocer que todas las células contienen ADN, parecen no enlazar esta información con el hecho de que todos los seres vivos estén compuestos por células. Existe también una escasa relación con ideas previas de otros temas relacionados, ya que hay organismos que consideran que no contienen este material, destacable en el caso de organismos procariotas y virus.

Por otra parte, un 59% de los alumnos fueron incapaces de recordar las bases nitrogenadas presentes en el ADN, sabiendo que tuvieron que dominarlo para el examen, denota que se realiza un tipo de estudio que favorece el aprendizaje a corto plazo.

Es curioso que, aunque el 77% del alumnado que formó parte de la encuesta tiene un interés de al menos 8 sobre 10 en la genética, han llevado a cabo un aprendizaje poco significativo. El 62% recordaban como aplicaciones de esta área su uso en criminalística y para detectar enfermedades hereditarias. Es fácil pensar que el mundo del cine y la televisión han ayudado a que la única idea que acertó el 100% de los alumnos es que se puede conocer el perfil genético a partir de una muestra de sangre.

A parte de los obstáculos creados por las ideas previas y la deficiencia de conocimientos estadísticos, los alumnos no aprenden significativamente (Campanario & Otero, 2000). La enseñanza de las ciencias naturales a menudo tiene lugar a través de la metodología tradicional a través de la simple descripción de fenómenos y experimentos, que provocan que los alumnos vean a las ciencias como materias difíciles en cuyo estudio tienen que memorizar una gran cantidad de nombres y fórmulas. Es necesario promover el interés científico en los alumnos y esto sólo se puede lograr acercando la ciencia a sus propios intereses, haciendo que ellos participen en la construcción de su propio conocimiento (Candela, 2014).

Persiste el modelo tradicional de enseñanza de las ciencias, que se considera como un obstáculo para el proceso de enseñanza-aprendizaje (Iñiguez, & Puigcerver, 2013) y éste puede ser el motivo por el que, incluso en estudiantes universitarios de ciencias de la salud, persistan concepciones erróneas en aspectos de genética que ya estudiaron en Secundaria, en Bachillerato e incluso durante la universidad (Infante-Malachias, Queiroz, Wellwe & Santos 2010). La metodología tradicional tiene como características:

- No considera las ideas previas del alumnado. Comienza la transmisión de conocimiento considerando al alumno como una página en blanco.
- Se transmite el conocimiento de una manera ya elaborada por el profesor. Por tanto, el alumno no tiene un papel activo en la construcción de significados.
- No considera estrategias didácticas destinadas a la eliminación de ideas previas.
- El principal apoyo del profesor es el libro de texto. Los autores de estos libros no suelen tener en consideración las propuestas provenientes de ámbitos de investigación en didáctica de la biología y de la genética en particular.
- Se trabajan principalmente contenidos conceptuales, expuestos de manera lineal y generalmente en forma de lección magistral.
- Apenas hay incidencia de aspectos procedimentales o actitudinales en el proceso educativo.

Dado que, con el método generalmente aplicado, el tradicional, se obtienen los resultados citados en este apartado, se deduce la necesidad de adaptar la impartición de la genética aplicando una metodología que favorezca la comprensión y la asimilación de la nueva información. Vivimos en un mundo en constante cambio y desarrollo, y el sector de la educación no es ajeno al mismo. Es necesaria la capacidad de innovar y realizar actividades creativas que mejor se adapten al contexto al que van dirigidas. Este trabajo expone un diseño de impartición de la genética molecular que aplica los principios de la jugabilidad y el debate considerando las teorías constructivistas de manera que se potencie el papel activo del alumnado en su aprendizaje.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo de fin de máster es diseñar una unidad didáctica para abordar los contenidos de Genética Molecular en 4º ESO de manera que se fomente el aprendizaje significativo.

Objetivos específicos:

- Mostrar conceptos erróneos de genética molecular en el alumnado tras la impartición de la unidad didáctica con el método tradicional.
- Explorar metodologías alternativas, así como estrategias y recursos creativos para la enseñanza.
- Implementar estrategias didácticas que contribuyan el aprendizaje significativo del alumno a través del aprendizaje activo.
- Buscar metodologías a aplicar que potencien la inclusión en el aula.
- Diseñar actividades que favorezcan el protagonismo del alumno en su proceso de aprendizaje.
- Conocer y evaluar las mejoras educativas que ofrece la integración de la gamificación, el debate y la exposición en la Educación Secundaria Obligatoria.
- Explorar medidas de atención a la diversidad y proponer adaptaciones de la presente unidad didáctica acorde con el contexto en el que se engloba la misma.
- Analizar limitaciones de la unidad didáctica propuesta.

3. MARCO TEÓRICO

En este apartado se expone la importancia y características a considerar del modelo constructivista para el diseño de la unidad didáctica para después, introducir el concepto de aprendizaje activo en el que se basan las metodologías de gamificación, debate y exposición empleadas en el diseño de la unidad didáctica.

3.1. TEORÍA CONSTRUCTIVISTA

Ante la evidente persistencia de ideas previas por parte del alumnado, se plantea como alternativa a la clase tradicional centrarse en el cambio conceptual como punto de partida de las ideas constructivistas (Driver, 1987). Para que este proceso tenga lugar, deben darse las siguientes condiciones:

- Debe existir insatisfacción con las concepciones existentes.
- El alumno debe percibir que la nueva concepción puede estructurar las experiencias anteriores.
- La nueva concepción debe parecer plausible.
- La nueva concepción debería abrir un abanico de posibilidades de exploración y proporcionar nuevos puntos de vista en el alumno. Debe resolver problemas creados por su predecesora concepción y explicar nuevos conocimientos y experiencias.

El constructivismo plantea que el conocimiento surge como una interacción entre el alumno (sujeto) con el objeto que permite crear una representación mental de la información (Picado, 2001). Las características fundamentales de un modelo didáctico constructivista se citan a continuación (Jiménez, 1991):

- La visión constructivista engloba tres fundamentos:
 - o Fundamento psicológico: que persigue alcanzar un aprendizaje significativo relacionando la nueva información con conocimientos previos.
 - o Fundamento epistemológico: la realidad o situaciones de la vida cotidiana se analizan a través de una teoría. Es decir, busca interpretar la realidad a través de modelos.
 - o Fundamentos empíricos: se deben considerar las ideas previas que los alumnos mantienen a pesar de la instrucción.

- Sus principios se basan en:
 - o Aprender reconstruyendo los conocimientos: se debe partir de las ideas del alumnado para, a partir de la exploración, lograr la reestructuración y aplicación de ideas nuevas, y así propiciar el cambio conceptual.
 - o Los contenidos y los procesos son complementarios.
 - o Enseñar es favorecer el aprendizaje planificando y organizando. Se puede entender el currículo como un programa de actividades en el que guiarse para crear situaciones de aprendizaje en los que los estudiantes construyen sus propios significados.

- Es un sistema social:
 - o El profesorado es investigador, intenta detectar los problemas de aprendizaje.
 - o Activa la participación de los estudiantes y favorece el trabajo en pequeños grupos.
 - o Los estudiantes tienen el control de su propio aprendizaje.
 - o Se evalúan conceptos, habilidades, procedimientos y la capacidad de resolver nuevos problemas.
 - o Es un sistema que tiene como apoyo recursos variados entre los que se encuentran la formación del profesorado, materiales, libros guiones de trabajo, diálogo o el aprendizaje cooperativo

Según distintos autores, el modelo constructivista aplicado a la enseñanza de la genética se debe regir por las siguientes características:

- Exploración de ideas de los alumnos y posterior exposición y discusión en el aula.
- Propuesta de actividades que puedan crear conflictos cognitivos y generar desacuerdo y descontento con las ideas expresadas por los estudiantes.
- Uso de modelos tridimensionales de células eucariotas, de la molécula de ADN, de la estructura de los cromosomas, de la mitosis y de la meiosis (Pashley, 1994).

- Uso de ejemplos y referencias que sean significativas para los estudiantes, especialmente cuando se trate de genética humana (Ayuso, 2000).
- Presentación de estudios de Mendel una vez que los estudiantes tienen el conocimiento suficiente acerca de los procesos hereditarios (Banet & Ayuso, 2000).
- Estudio de la mitosis y meiosis como procesos integrados en la transmisión de información hereditaria (Hackling & Treagust, 1984; Ayuso et al., 1996).
- Integración de la resolución de problemas en el contexto educativo de la enseñanza de la genética, relacionándolo como proceso de investigación (Martínez & Ibáñez, 2005).
- Planteamientos didácticos que tengan en cuenta aspectos actitudinales, especialmente en asuntos relacionados con los test genéticos o las aplicaciones de la biotecnología.

El alumno es el responsable de su propio aprendizaje, entendido como un proceso activo de construcción más que de adquisición de conocimiento. Los contenidos elaborados deben servir como motor y apoyo de la actividad constructivista del alumno más que de comunicar conocimientos. Para ello, el docente debe crear condiciones óptimas para el despliegue de actividades constructivistas (Olmedo et al., 2017).

Por último, consideraremos para esta propuesta didáctica las ocho características que favorecen el aprendizaje en entornos constructivistas (Duffy&Jonassen,1992) y Duffy, Lowyck & Jonassen, 1992):

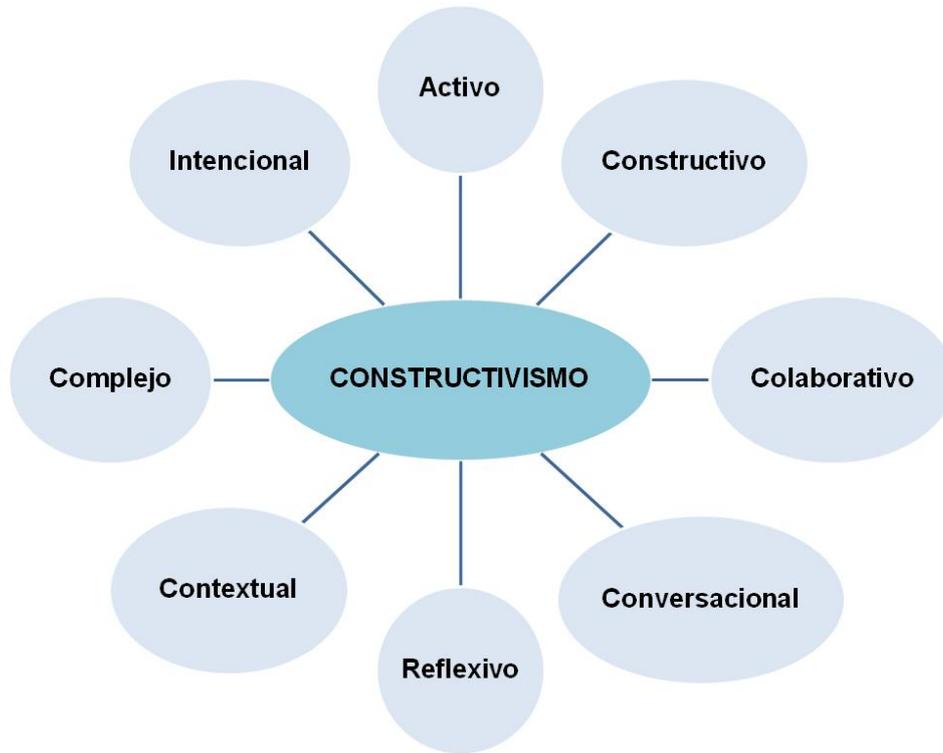


Ilustración 1: Características que favorecen el aprendizaje en entornos constructivistas.

La ilustración1 resume los factores favorables para esta metodología didáctica. Los ocho factores están interrelacionados entre sí, por lo que a menudo intervienen de manera combinada.

Un factor esencial es que el alumno tenga un papel **activo** para comprometerse con el proceso de aprendizaje y, en este sentido, las actividades son una estrategia que consigue cubrir este factor. Por otra parte, se debe lograr **construir** nuevos significados modificando las ideas previas por lo que el docente debe emplear las herramientas necesarias para conocer el punto de partida desde el que enlazar los nuevos conocimientos. El factor **colaborativo** es el que contribuyan todos los miembros de la clase realiza el trabajo de los estudiantes, por lo que se debe considerar la interacción y trabajo en equipo entre los estudiantes. Aprender es un proceso social fundamentado en el diálogo, por lo que la **conversación** es esencial en el proceso de aprendizaje, lo que se puede ver fomentado a través de preguntas abiertas por parte del profesor o a través del debate, por ejemplo. El factor **reflexión** por parte del alumno le permite tomar decisiones y tomar el control en su proceso de aprendizaje. Las

actividades realizadas se deben llevar a cabo en un **contexto** real o simulado en los que aplicar los conocimientos. La **complejidad** de los problemas presentados a los alumnos fomentará mejores resultados al plantearles un reto para el que deban emplear destrezas para resolverlo. Por último, se debe lograr que el alumno tenga como **intención** alcanzar el objetivo de aprendizaje pues, al fin y al cabo, él es el máximo responsable de dicho proceso.

3.2. APRENDIZAJE ACTIVO

El aprendizaje activo consiste en hacer a los estudiantes partícipes de una manera activa en el aula, de manera que sean protagonistas de su propio aprendizaje.

Sabemos que los alumnos aprenden mejor cuando “hacen”, como bien ya defendía la pirámide de aprendizaje de Dale (1946) que muestra la importancia de llevar a cabo un aprendizaje activo para facilitar que recordemos los nuevos conocimientos a lo largo del tiempo.



Ilustración 2: Cono de aprendizaje según Edgar Dale y Bruce Nylan.

En el aprendizaje activo los alumnos deben descubrir, explorar, encontrar ejemplos, realizar tareas o resolver problemas aplicando sus conocimientos. Gracias a la influencia de Piaget, Montessori y otros, los maestros aplican esta metodología, saben que se aprende mejor mediante experiencias concretas basadas en actividades (Silberman, 1998). Sin embargo, en alumnos de secundaria e incluso cursos superiores el compromiso con el aprendizaje activo a menudo queda en un segundo plano; predominan las clases magistrales principalmente porque el docente debe abarcar mucha materia en poco tiempo. Por otra parte, el aprendizaje activo requiere más tiempo que la metodología tradicional pero, bien diseñada, puede ser factible. Se debe enseñar a los alumnos cómo aprender en grupo, asignar roles y establecer normas de procedimiento para que sea viable aplicar este tipo de aprendizaje en el tiempo disponible.

Las siguientes ideas ayudan a potenciar el aprendizaje activo:

- Distribuir la clase en grupos o estaciones de trabajo para favorecer el aprendizaje grupal.
- Conocer las expectativas de los alumnos, pues sus intereses tienen una influencia en su aprendizaje activo.
- Fijarse tiempos para que no se extienda la actividad en exceso.
- Designar roles a cada miembro de grupos (portavoz, líder, etc.) y establecer unas normas.
- Facilitar actividades experimentales. Se pueden emplear juegos, simulaciones o resolución de problemas, entre otros.
- Propiciar la participación mediante actividades, debates, tarjetas de participación, encuestas, juegos, exposiciones de los alumnos o generar interés y motivación para que tomen una actitud proactiva en el aula.

A continuación, nos centraremos en explicar las metodologías de la gamificación, el debate y la exposición como principales estrategias de aprendizaje activo que serán aplicadas en las actividades asociadas a esta unidad didáctica.

3.2.1. La gamificación en el contexto educativo

El uso de la gamificación en entornos educativos se remota a la década de 1980 con el uso de videojuegos.

Desde entonces se ha evolucionado en el diseño de los videojuegos, proporcionando un gran realismo como hasta llegar a entornos recreados a través la realidad virtual 3D, y en su accesibilidad pudiéndose emplear fácilmente en aulas o en dispositivos móviles. Pero también existen juegos que no implican el uso del ordenador. En ambos casos, cada vez hay más propuestas relativamente sencillas para ser aplicadas en el entorno educativo.

Actualmente la gamificación es considerada un recurso innovador cada vez más instaurada en las aulas que propone facilitar la consecución de ciertos objetivos relacionados con la formación a través del diseño de tareas y actividades usando los principios de jugabilidad.

Componentes de la gamificación



Ilustración 3: Esquema sobre los componentes a considerar para lograr una actividad exitosa basada en la gamificación.

Para que esta estrategia de gamificación sea eficaz se deben considerar los siguientes factores (Sueiro, 2015, Blanca, 2019):

- Definir un **objetivo**: el docente no busca entretener al alumno, sino que aprenda y alcance los objetivos marcados por el currículo. Por tanto, la actividad gamificada debe estar orientada en base a unos objetivos específicos marcados inicialmente. La propuesta de gamificación debe ser compatible con los contenidos que se quieran trabajar.
- Transformar el aprendizaje en juegos: en educación el juego se emplea como una herramienta de construcción de conocimiento. La actividad debe resultar **divertida** para el alumnado, por lo que debe considerarse el contexto para elegir el juego a diseñar.
- El juego debe proponer un **reto específico**: para que la metodología funcione, el alumno debe tener claro cuál es el logro final que debe alcanzar. Esto servirá como motor de motivación para iniciar el aprendizaje.
- Establecer unas **normas**. Las normas del juego ayudarán a llevar un control del aula y de su aprendizaje.
- Se debe crear un **sistema de recompensas**. Las recompensas sirven de refuerzo y motivación. Evitar recompensas que respondan a pautas previsibles y repetitivas, pues está demostrado que la mayoría de jugadores prefieren un logro inesperado a uno previsible.
- Establecer **niveles de dificultad** crecientes: el nivel inicial debe ser accesible a todos para evitar frustración. El esfuerzo para alcanzar los primeros logros debe ser asequible y estimulante para permitir que el alumno tenga sensación de progreso. Cada desafío resuelto será un logro que consiga mantener el interés. Aumentar la complejidad según se avanza en el juego permite que todo alumno alcance un nivel que suponga un verdadero reto para él. Se debe encontrar un balance, pues si es muy simple resultará aburrido y no se comprometerá con la actividad, mientras que si se diseña un nivel demasiado complicado provocará ansiedad o abandono por parte del alumno, como muestra la ilustración 4.



Ilustración 4: Representación del resultado del juego en base a cómo se ve incluido por la dificultad del juego y las habilidades del jugador. La zona idónea se representa en el centro de la gráfica con fondo azul oscuro (Zichermann & Cunningham, 2011).

- **Feedback.** El docente debe lograr un feedback periódicamente para guiar al alumno en sus progresos, recompensar su trabajo, estimular nuevos intentos o incluso adaptar el nivel del juego.
- **Rivalidad:** la competición sana será un factor positivo para que el juego funcione. Aunque hay distintos tipos de jugadores, predomina el perfil social seguido del de explorador (Zichermann & Cunningham, 2011).

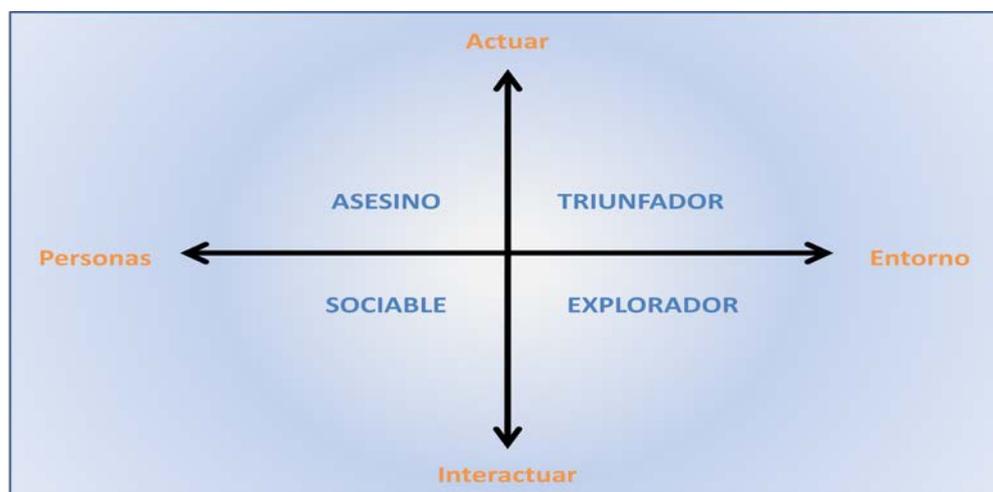


Ilustración 5: perfiles de jugadores según la teoría de Richard Bartle (citado en Zichermann, G. y Cunningham, C. 2011).

- **Comunidad:** jugar en compañía suele ser más gratificante. Además, la interacción con otras personas implica competencias de socialización y capacidad de trabajar en equipo.

Puntos fuertes y débiles de la gamificación

Si atendemos a lo que conlleva la aplicación de esta metodología, considerando su preparación y diseño, su ejecución y resultados que se obtienen, se pueden analizar los puntos fuertes y débiles ligados al uso de la gamificación en entornos educativos.

Existe la motivación intrínseca y la extrínseca. En alumnos con motivación intrínseca, aquellos a los que les guste la ciencia, puede no ser necesaria el empleo de refuerzos o castigos para lograr que el alumno alcance los objetivos.

La motivación extrínseca tendrá un papel importante en aquellos alumnos que no sientan atracción por la materia, pero, sin embargo, se logre su participación activa en el aprendizaje de las ciencias a través de la gamificación. En el individuo hay una predisposición psicológica hacia el juego, lo que puede aprovecharse para mejorar la motivación hacia aprendizajes en principio poco atractivos. Es un recurso potente, que incluso se utiliza como una forma de adaptación curricular (Posada, 2013).

Otras ventajas que puede proporcionar la gamificación en la educación se analizan a continuación (Escudeiro & Vaz de Carvalho, 2013):

- Potencia el aprendizaje activo puesto que permite aprender haciendo y aprender interactuando.
- Refuerza habilidades interpersonales e interculturales.
- Mejora la comunicación entre los participantes.

- Favorece el desarrollo de competencias cognitivas, actitudinales y procedimentales.
- Incrementa la motivación, la concentración y la autoestima de los estudiantes.
- Favorece el repaso de la teoría explicada en clase (Morera, 2019).

Por otra parte, se deben considerar una serie de inconvenientes ligados a esta metodología:

- Esfuerzo previo de preparación: requiere mucho tiempo dedicado al diseño del juego, su creación y adaptación al contexto en el que se va a aplicar.
- Distracción y pérdida de tiempo: en caso de que el alumnado no siga las normas del juego.
- Inadecuada formación de valores: en el caso de alumnos muy competitivos que buscan engañar al sistema de cualquier forma dando lugar a escasos o indeseados resultados de aprendizaje.
- Motivación efímera: el aliciente de obtener recompensas no perdura en el tiempo y termina aburriendo una vez superada la novedad inicial.
- Puede generar frustración al principio si no conocen la dinámica del juego, o bien si el nivel no está adaptado al contexto al que va dirigido.

Para el diseño de actividades mediante el empleo de la gamificación se debe considerar aquellos aspectos cognitivos que resulten más determinantes para el alumnado (Posada, 2013) y se debe alcanzar un buen equilibrio que permita disponer de un juego atractivo que permita llevar a cabo un aprendizaje efectivo en el ámbito educativo.

3.2.2. El debate y la exposición

El alumno modifica sus ideas al confrontarlas con nuevas experiencias y al razonar sobre las opiniones que les dan otras personas. Se considera que el alumno aprende cuando modifica sus ideas y añade nuevos elementos que le permiten explicar mejor lo que ocurre a su alrededor. Comprender y asimilar nuevos conceptos se relaciona con sus experiencias y las ideas que ha construido. Es necesario que tomen conciencia de cuáles son sus conocimientos y opiniones y las comenten con otras personas. En esta interacción con el medio social y natural se va desarrollando el hábito de reflexionar sobre la realidad y con ello los alumnos construyen poco a poco su conocimiento sobre ella.

El debate y la interacción tanto con el profesor como con otros compañeros sirven como herramienta para activar el pensamiento y argumentación del alumno. De esta manera, se pretende que los alumnos desarrollen las siguientes actitudes:

- Expresar sus ideas para que otros las entiendan.
- Aprender a comprobar sus ideas.
- Argumentar lo que piensan para tratar de convencer a los demás.
- Buscar explicaciones a nuevos problemas para tratar de entender por qué ocurren.
- Comparar situaciones para encontrar diferencias y semejanzas.
- Escuchar y analizar opiniones distintas a las suyas.
- Buscar coherencia entre lo que piensan y lo que hacen o entre lo que aprenden en la escuela y fuera de ella.
- Poner en duda la información que reciben si no la entienden.
- Colaborar con sus compañeros para resolver juntos los problemas planteados.
- Interesarse por entender por qué ocurren las cosas de una cierta manera y analizar si no pueden ocurrir de otra.

El desarrollo de estas actitudes es un aprendizaje más importante para acercarse al conocimiento científico y al de la vida diaria que el memorizar cierta información que la ciencia y la tecnología han elaborado (Candela,2014). El docente puede ayudar, por medio de preguntas y de actividades, a que los alumnos expresen sus ideas y comenten sobre lo que piensan entre sus compañeros. El docente puede propiciar la confrontación de puntos de vista distintos entre el alumnado y tratar de que lleguen a sus propias conclusiones, así como que analicen y expliquen aquellos sucesos y fenómenos que llaman su atención.

Los alumnos aprenden cuando siguen su razonamiento, porque sólo pueden incorporar la información que está dentro de su lógica. Por este motivo es importante que el docente busque temas que a los alumnos les interese investigar. El docente debe hacerlos reflexionar y enseñarlos a buscar información cuando la necesiten.

4. PROPUESTA DE UNIDAD DIDÁCTICA

4.1. MARCO LEGISLATIVO

Las leyes de educación vigentes en España a nivel estatal que han sido consideradas para el diseño de esta unidad didáctica son las siguientes:

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo de Educación (LOE), y la redacción modificada por la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa que busca que el aprendizaje vaya dirigido a formar personas autónomas, críticas y con pensamiento propio.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y del Bachillerato (BTO). BOE 3 de enero de 2015.

- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato.

Por otra parte, se ha tenido en consideración la siguiente normativa relativa a la legislación autonómica de la Comunidad de Castilla y León:

- Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria de la Comunidad de Castilla y León. BOCYL, núm.86, de 8 de mayo de 2015.
- ACUERDO 29/2017, de 15 de junio, de la Junta de Castilla y León, por el que se aprueba el II Plan de Atención a la Diversidad en la Educación de Castilla y León 2017-2022.

4.2. OBJETIVOS

Los objetivos que se plantean para esta unidad didáctica se describen a continuación:

- **Diseñar** una unidad didáctica que imparta los contenidos curriculares de Genética Molecular con una metodología que potencie el aprendizaje significativo.
- **Explorar** metodologías pedagógicas que puedan ser adecuadas para el actual sistema de educación.
- **Determinar** estrategias pedagógicas que promuevan el interés y atención del alumnado.
- **Crear** actividades que favorezcan el aprendizaje y considerar posibles adaptaciones en base a la atención a la diversidad existente entre el alumnado al que va dirigido.

- **Remodelar** la impartición de aquellos contenidos relacionados con los errores conceptuales mostrados en la **Tabla 1** del apartado de justificación, alejándose de la clase tradicional magistral.
- **Fomentar** un ambiente de inclusión en el aula.
- **Integrar** estrategias para promover y evaluar las competencias.
- **Contribuir** a mejorar los procesos metacognitivos del alumnado.
- **Plantear** una autoevaluación de la unidad didáctica.

4.3. CONTEXTUALIZACIÓN

Localización y entorno del Centro Educativo

El Colegio Nuestra Señora del Carmen es un centro dirigido por el Arzobispado de Valladolid que se encuentra en la plaza Virgen del Carmen del barrio de las Delicias. Es uno de los barrios con más población que además alberga una amplia diversidad étnica y cultural.

El Barrio de Las Delicias nace a comienzos del siglo XX ubicado en el cinturón exterior de las vías del tren de Valladolid. El barrio creció con vecinos provenientes de las zonas rurales castellanas hasta que, hacia los años 50, el barrio había crecido lo suficiente como para presionar al Ayuntamiento para construir viviendas e infraestructuras que facilitaran su comunicación con el resto de la ciudad. La población del barrio desarrolla su actividad laboral en el sector industrial, en el sector comercio o en el sector servicios y administraciones públicas y ha sido afectada duramente por las situaciones de precariedad en el empleo derivadas de la crisis económica.

Abundan las viviendas de 4 a 6 alturas, con un tamaño y distribución que responden al concepto de vivienda de protección oficial. Las condiciones de habitabilidad son aceptables, no así la propia estructura del barrio, con calles y aceras estrechas y escasez de arbolado.

En cuanto a la infraestructura de servicios sociales de la zona es bastante completa, contando con un considerable número de colegios tanto públicos como privados, siendo el de Nuestra Señora del Carmen el único que tiene concertada la etapa de Bachillerato. El barrio tiene dos parques municipales, un centro cívico municipal dotado de biblioteca, un teatro y sala de exposiciones, dos ambulatorios, un hospital, un centro penitenciario de menores, un club social, varias residencias para ancianos, varios centros religiosos de distintas confesiones, una escuela oficial de idiomas, un parque de bomberos, otro de policía nacional y un polideportivo.

El modelo de familia frecuente está constituido por un padre, una madre y dos hijos. En los últimos años se ha incrementado el número de familias en el que ambos padres trabajan, así como el porcentaje de familias monoparentales como consecuencia de divorcio, separación o viudedad. La mayoría de padres y madres han cursado estudios secundarios, siendo las madres quienes poseen un mayor nivel de estudios.

Predominan las familias con un nivel sociocultural medio-bajo, con poca preparación y dedicación a la educación de sus hijos y escasa participación en la vida del colegio.

El Centro Educativo

El Colegio Nuestra Señora del Carmen es un centro concertado mixto que cuenta con 850 alumnos. Como consecuencia de su ubicación, el alumnado cubre una gran variedad de culturas y religiones, habiendo 62 extranjeros de diferentes nacionalidades provenientes de distintos continentes y 60 alumnos pertenecientes a etnia gitana.

El Centro Educativo Nuestra Señora del Carmen ofrece una educación que abarca desde los 0 a los 18 años acorde con niveles que abarcan la Escuela Infantil, Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato.

En cuanto a la etapa de ESO, para alumnos de 2º y 3º el Centro ofrece un programa de mejora de aprendizaje y rendimiento, dedicado a aquellos que presentan dificultades no imputables a falta de estudio o esfuerzo. Para alumnos de 4º de la ESO, ofrece el itinerario de enseñanzas aplicadas o el de enseñanzas académicas entre las que oferta la rama científica-técnica y la humanística-social.

A nivel de Bachillerato ofrece la modalidad de Humanidades y Ciencias Sociales, y la modalidad de Ciencias.

Por otra parte, el Centro ofrece clases de apoyo escolar para inmigrantes dos tardes a la semana. Esta actividad forma parte de un convenio con la ONG Cesal. El Colegio también colabora con la Fundación Secretariado Gitano a través del proyecto "Promociona". Este proyecto va dirigido a alumnos gitanos que son sobresalientes a nivel académico, y tiene por objetivo que alcancen un futuro adaptado a la sociedad.

En cuanto a infraestructuras, el colegio cuenta con un edificio para Educación Infantil, otro para Primaria, un tercero que comparten los niveles de ESO y BTO, un cuarto que compone un polideportivo y por último un edificio con sala de usos múltiples que incluye laboratorios de física, química y ciencias, tres aulas de informática y tecnología. Éste último edificio dispone de fácil acceso para personas con discapacidad física, de manera que puede acceder a cualquiera de dichas instalaciones.

Dispone de dos patios diferenciados físicamente. Uno está destinado a los niveles de Primaria, mientras que el otro lo ocupan los alumnos de 1º y 2º de la ESO.

Todas las aulas convencionales disponen de pizarra convencional y ordenador con proyector, y las salas de informática disponen de 24 ordenadores.

La unidad didáctica

La unidad didáctica “Genética molecular” se enmarca dentro de la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO, y abarca parte del primer bloque de cuatro que componen el currículo denominado “La evolución de la vida”.

El alumnado

El alumnado de 4º ESO se caracteriza por estar compuesto por estudiantes adolescentes comprendidos entre edades de 14 a los 16 años. En nuestro Centro la clase se compone de 14 alumnos y no cuenta con ningún estudiante con necesidades educativas específicas (representado por aquellos que presentan desfases curriculares de al menos dos años) en cuyo caso sería necesaria una adaptación de los contenidos y objetivos curriculares.

Sin embargo, encontramos dos alumnos con necesidades educativas especiales que requieren adaptaciones curriculares no significativas. Uno de ellos posee dificultades de aprendizaje derivados de una dislexia moderada que le proporciona dificultad para expresarse por escrito (ortografía, gramática y tareas como realizar resúmenes y esquemas serán un hándicap para este estudiante). Por otra parte, se dispone de otro alumno con altas capacidades intelectuales en comparación con el resto de sus compañeros. Ambos casos han sido tenidos en consideración para el diseño de esta unidad didáctica y la adaptación al proceso de enseñanza-aprendizaje correspondiente a dichos alumnos se expone en el apartado [4.7 de atención a la diversidad](#).

4.4. COMPETENCIAS

En base la ORDEN ECD 65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación en la Educación Secundaria Obligatoria, y que deben considerarse para la evaluación, debemos considerar las competencias que se listan a continuación:

- **Comunicación lingüística (CL)**, mostrada como resultado de una acción comunicativa dentro de prácticas sociales determinadas.
- **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)**. Es decir, capacidad de aplicar razonamientos matemáticos y contribuir al desarrollo de un pensamiento científico y destrezas tecnológicas.
- **Competencia digital (CD)**, que engloba el uso creativo, crítico y seguro de las tecnologías de la información (Tics) y la comunicación para alcanzar los objetivos.
- **Aprender a aprender (AA)**, caracterizada por la habilidad para iniciar, organizar y persistir en el aprendizaje.
- **Competencias sociales y cívicas (CSC)**, entendidas como la habilidad para interpretar fenómenos y problemas sociales y elaborar respuestas, tomar decisiones y resolver conflictos, así como interactuar con otras personas conforme a normas basadas en el respeto mutuo y en convicciones democráticas.
- **Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE)**, que implica la capacidad de transformar ideas en actos.
- **Conciencia y expresiones culturales (CEC)**. Implica conocer, comprender, apreciar y valorar con espíritu crítico, con una actitud abierta y respetuosa, las diferentes manifestaciones culturales y artísticas.

4.5. CONTENIDOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES

El curso de 4º ESO supone el final de una etapa educativa, en la cual el alumnado debe haber adquirido los conocimientos incluidos en el currículo básico y las estrategias del método científico. Según el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, al final de esta etapa se deben haber afianzado la comprensión lectora, la expresión oral y escrita, la argumentación en público y la comunicación audiovisual; de igual manera, deberá desarrollar actitudes conducentes a la reflexión y el análisis sobre los grandes avances científicos de la actualidad, sus

ventajas y las implicaciones éticas que en ocasiones se plantean, y conocer y utilizar normas básicas de seguridad así como el uso del material de laboratorio.

La Genética Molecular en 4º ESO pertenece al bloque 1 “La evolución de la vida” descrito por el Boletín Oficial del Estado en cuyo Real Decreto 1105/2014 se encuentran los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables a tener en cuenta para diseñar la unidad didáctica. Así mismo, las competencias clave (descritas en el apartado anterior 4.4) deben estar vinculadas a los objetivos, por lo que también se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2: Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje en base al Real Decreto 1105/2014, y competencias clave según la ORDEN ECD 65/2015.

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES	COMPETENCIAS CLAVE*
ADN y Genética molecular. Replicación del ADN. Concepto de gen. Expresión de la información genética. Código genético. Mutaciones y relación con la evolución. Ingeniería Genética: técnicas y aplicaciones; biotecnología; bioética.	<p>1. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.</p> <p>2. Comprender cómo se expresa la información genética, utilizando el código genético.</p> <p>3. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución.</p> <p>4. Identificar las técnicas de la ingeniería genética: ADN recombinante y PCR.</p> <p>5. Comprender el proceso de clonación.</p> <p>6. Reconocer las aplicaciones de la ingeniería genética (OMG).</p> <p>7. Valorar las aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en la agricultura, la ganadería y del medio ambiente y la salud.</p>	<p>1.1 Reconoce la función del ADN como portador de la información genética, relacionándolo con el concepto de gen.</p> <p>2.1 Ilustra los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético.</p> <p>3.1 Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos.</p> <p>4.1 Diferencia técnicas de trabajo en ingeniería genética.</p> <p>5.1 Describe las técnicas de clonación animal, distinguiendo clonación terapéutica y reproductiva.</p> <p>6.1 Analiza las implicaciones éticas, sociales y medioambientales de la Ingeniería Genética.</p> <p>7.1 Interpreta críticamente las consecuencias de avances actuales en el campo de la biotecnología.</p>	<p>AA, CL, CD, CSC</p> <p>AA, CL, CMCT, CD</p> <p>AA, CL</p> <p>CMCT, CSC, AA, SIEE</p> <p>AA, CL, CEC, CSC, CD</p> <p>AA, CL, CEC, CSC, CD</p> <p>AA, CL, CEC, CSC, CD</p>

*Las competencias clave a tratar están estrechamente ligadas a la metodología didáctica empleada para la impartición de dichos contenidos y estándares de aprendizaje.

4.6. METODOLOGÍA

El enfoque metodológico basado en competencias clave y en los resultados de aprendizaje supone un gran compromiso por parte del docente a la hora de preparar el currículo y su impartición, ya que necesitará diseñar actividades de aprendizaje integradas que permitan avanzar en el aprendizaje de más de una competencia al mismo tiempo.

Por otra parte, se han considerado tanto metodologías que fomentan la inclusión en el aula, como aquellas que fomentan el aprendizaje significativo basadas en el constructivismo y el aprendizaje activo. Las estrategias pedagógicas de gamificación y el debate se confirman como metodologías apropiadas para incentivar el aprendizaje y el pensamiento crítico además de lograr un aprendizaje más dinámico e interesante para el alumnado, por lo que son dos de las seleccionadas para ser aplicadas en esta unidad didáctica, (Suárez, 2019).

La metodología pedagógica seleccionada para esta unidad didáctica se encuentra ampliamente explicada en el **marco teórico** del presente documento.

4.6.1. Orientada a la inclusión

La Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948) reconoce la educación como uno de los derechos humanos fundamentales, se considera un factor esencial en el ámbito social y personal pues es “uno de los principales medios para fomentar una forma más profunda del desarrollo humano y de ese modo, reducir la exclusión, la ignorancia y la guerra” (Delors, 1996).

La preocupación de los docentes para mejorar la educación, tomando en cuenta los estilos de aprendizaje y la diversidad en el aula, es fundamental para mejorar el desarrollo personal del alumno (Cabrera & Fariñas, 2005). Por este motivo, debemos evaluar y seleccionar estrategias que se adapten a distintos ritmos de

aprendizaje en base a la diversidad que se presente en el aula. en el apartado de **atención a la diversidad** se describen estrategias que han sido consideradas para diseñar esta unidad didáctica.

Existen diversas estrategias metodológicas con fines inclusivos que potencian la interacción, la creación, la metacognición o el compromiso en la educación como bien defiende el Plan de Atención a la Diversidad de Castilla y León. En el diseño de esta unidad didáctica, se han incluido los siguientes aspectos que favorecen la inclusión en las aulas:

Metodologías que favorecen la creación (MFC):

El aprendizaje basado en problemas (APB) se considera una estrategia pedagógica en la cual cobra especial importancia tanto la adquisición de conocimientos, como el desarrollo de habilidades y actitudes adecuadas.

En esta unidad didáctica se plantearán problemas de la vida real que lleve a los alumnos a investigar posibles soluciones a la situación planteada.

Metodologías que favorecen la interacción (MFI):

Entre ellas se encuentran las metodologías que favorecen el aprendizaje cooperativo, empleando actividades en grupo en el que unos dependan de los avances de otros miembros del equipo. Crear grupos interactivos fomenta la mejora del aprendizaje y la convivencia.

Metodologías favorecedoras de la metacognición (MFM):

La metacognición puede definirse como la capacidad de autorregular procesos de aprendizaje. A través de un conjunto de mecanismos el alumno consigue recopilar, producir y evaluar información además de controlar y autorregular el funcionamiento intelectual propio (González, 1993-1996).

Para fomentar la metacognición es importante la teoría constructivista en la que se comience a trabajar desde las ideas previas. Toman también especial importancia las actividades en las que se desarrollen mapas mentales que ayuden a ordenar y estructurar los conocimientos, rutinas de pensamiento que favorezcan la generación, clarificación y evaluación de ideas, y la realización de autoevaluaciones.

Metodologías favorecedoras del compromiso (MFCo):

Involucra aquellas que faciliten el desarrollo de habilidades sociales mediante trabajos o juegos en grupo, debates o exposiciones realizadas por el alumnado.

4.6.2. Orientada a contenidos y competencias

Dados los acontecimientos expuestos en el apartado de **justificación** de este trabajo, debemos huir del modelo de clase tradicional basada en clases magistrales.

El modelo constructivista es el primero a considerar, especialmente al comienzo de la impartición de la unidad didáctica o bien al inicio de nuevas secciones de la unidad didáctica, dando importancia a conocer las ideas previas para a partir de aquí introducir las ideas nuevas favoreciendo el aprendizaje significativo.

Se deben aplicar metodologías que favorezcan la adquisición de competencias del currículo y los objetivos de la etapa, dado que viene exigido por la legislación.

Por consecuente, se proponen las siguientes estrategias metodológicas para la impartición de esta unidad didáctica:

Análisis de ideas previas

Este proceso debe tener lugar para orientar al docente sobre el punto de partida y emplear las ideas previas para unir las con nuevos conocimientos. De esta manera potenciaremos el aprendizaje de los estudiantes, que comenzarán a construir los conocimientos ampliando los que ya tenían o bien modificando aquellos que fueran erróneos.

Clases expositivas que fomenten la participación

Gran parte de los conocimientos se transmitirá a partir de una exposición por parte del profesor que puede llevar a cabo empleando recursos como el PowerPoint, que proporcionan imágenes visuales y en él pueden incluirse esquemas que ayuden al alumnado a tener los contenidos estructurados y organizados. Este recurso o el empleo de noticias favorecen la memoria visual y el aprendizaje significativo.

Se recomienda emplear diferentes estrategias durante una misma sesión para fomentar la participación y escucha activa del alumnado. Esto se consigue combinando la exposición del profesor con estrategias pedagógicas como las siguientes:

- **Plantear preguntas abiertas** para potenciar la participación activa del alumnado. El docente puede orientar las preguntas para que sirvan de guía para cubrir los contenidos del currículo.
- **Vídeos**: el simple cambio de tono de voz y formato es positivo para mantener la atención o bien captar la de aquellos que la hubieran perdido.
- **Búsquedas de información**: aprovechar dudas que puedan surgir para incentivar que el alumnado realice tareas que fomenten el aprendizaje por indagación.

- **Preguntas y dudas.** Fomentar que el alumnado pregunte y exponga sus ideas o dudas en clase será positivo para el ambiente en el aula. Recordemos que esto proporcionará información que probablemente comparta gran parte del alumnado, y facilitará la comprensión del resto de iguales al pensar generalmente desde una perspectiva parecida y empleando un vocabulario similar al que emplearían sus compañeros. Hay más probabilidades de que un alumno escuche a otro alumno que al profesor, por lo que es una herramienta útil para mantener la atención de los estudiantes.

Actividades

Se busca un proceso de construcción de conocimiento. Para ello, el aprendizaje requiere de una participación activa por parte del sujeto. Las actividades son un buen recurso que ofrece al alumno la posibilidad de establecer relación e interacción con el objeto tomando un papel activo de una manera organizada y programada.

Las actividades presentadas en esta unidad didáctica ayudarán a desarrollar competencias clave consideradas en la legislación mientras se tienen en consideración los estándares de aprendizaje establecidos. Se han diseñado actividades para establecer hábitos como el análisis, la interpretación, la investigación, la capacidad creativa, la comprensión y expresión y el sentido crítico, así como la capacidad para resolver problemas.

Durante la impartición de las actividades se aplicarán las siguientes metodologías:

- **Gamificación:** es una estrategia útil para fomentar la motivación y la participación activa durante el proceso de aprendizaje. Además, tal y como están diseñadas en este trabajo, fomentan el trabajo en grupo y el aprendizaje cooperativo.

- **Exposiciones:** en las que sea el alumno el que exponga sus conocimientos, razonamientos y dudas en el aula, o bien mediante exposición oral de trabajos.
- **Clase invertida:** como fase preparatoria a los debates se puede realizar una clase invertida en la que los alumnos tengan que leer información relacionada con el debate que tendrá lugar en el aula durante la siguiente sesión. De esta manera, se puede dedicar la sesión de debate íntegramente a dicho fin.
- **Debates:** considerados en esta unidad para trabajar los estándares de aprendizaje en el que deben analizar las implicaciones éticas, sociales y medioambientales de la Ingeniería Genética, así como interpretar críticamente las consecuencias de avances actuales en el campo de la Biotecnología. El debate favorece el uso de los conocimientos aprendidos para argumentar sus opiniones, además de ser una buena herramienta para potenciar la competencia lingüística y el pensamiento crítico.
- **Autoevaluación:** se proporcionará al alumnado la posibilidad de realizar tareas para que ellos mismos tomen conciencia sobre los avances en su aprendizaje.

4.7. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD

La Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948) reconoce la educación como uno de los derechos humanos fundamentales. El alumnado con discapacidad es uno de los colectivos con mayor tasa de abandono escolar y a la formación a lo largo de la vida.

En Castilla y León hay un Plan de Atención Educativa a la Diversidad que se compromete a poner en práctica medidas que hagan efectivo el principio de igualdad de oportunidades a todos los niveles en relación a la atención al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo.

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, en su redacción dada por la Ley orgánica 8/2013 de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa, agrupa a los siguientes grupos dentro del término “alumnado con necesidad específica de apoyo educativo”:

- Necesidades educativas especiales derivadas de una discapacidad y/o trastornos graves de conducta.
- Dificultades específicas de aprendizaje
- TDAH.
- Altas capacidades intelectuales.
- Incorporación tardía al sistema educativo.
- Condiciones personales o de historia escolar.

A lo largo de esta unidad didáctica se han explorado las estrategias a aplicar para adaptar las actividades o dinámicas de clases a los casos que se integran dentro de este apartado de atención a la diversidad en base al contexto al que va dirigido.

CONTENIDOS DE REFUERZO

Estos contenidos van dirigidos al alumnado con un rendimiento académico inferior y abarcan los contenidos mínimos del currículo marcado por la legislación. Deben servir de refuerzo para facilitar que alcancen los objetivos y competencias básicas.

En el contexto ligado a esta unidad didáctica, el alumno con dislexia podría necesitar contenidos de refuerzo. Para este alumno, se instaurarán las siguientes medidas:

- Estar coordinado en todo momento con el departamento de psicología y orientación. Éste debe proporcionarle técnicas de estudio adaptadas a sus necesidades.

- Las presentaciones PowerPoint con los contenidos de la teoría dispondrán de enlaces que ofrezcan los contenidos explicados en vídeo.
- Las presentaciones PowerPoint contendrán diapositivas esquemáticas que ayuden a organizar los contenidos.
- En la realización de tareas, se le dedicará unos minutos de manera individual a dicho alumno para asegurar que ha entendido la actividad a realizar.
- Dispondrá de más tiempo para realizar exámenes presenciales, o bien, se le realizarán de modo oral.
- En aquellas tareas en las que tenga que realizar escritos, se tendrá más en consideración los contenidos sobre las faltas de ortografía y estructura gramatical correcta.
- Se mostrarán vídeos que ayuden a la comprensión y repaso de contenidos explicados ([Anexo II](#) y [IV b](#)). La actividad “juego de rol” contiene fichas diseñadas para este alumno ([Anexo VI d](#)), donde preguntas a desarrollar han sido sustituidas por otras de relacionar conceptos para agilizar la gamificación y no crear frustración en este alumno. Las noticias utilizadas como material complementario de la unidad didáctica contienen palabras clave destacadas en azul para ayudar al alumno a tener ordenada la información ([Anexo VIII](#) y [Anexo IX](#)).

CONTENIDOS DE AMPLIACIÓN

Son contenidos que van más allá de aquellos exigidos en el currículo oficial y que se aplican a alumnos aventajados a nivel académico respecto a sus compañeros.

En este caso, se plantean las siguientes estrategias para ser aplicadas en el alumno con altas capacidades intelectuales:

- Favorecer que él explique o ayude al resto una vez acabe las tareas, de manera que pueda dar refuerzo a sus compañeros.
- Tener preparadas tareas con un nivel de complejidad superior:

- Diseñar preguntas más complejas o extra en las actividades de gamificación para que el alumno encuentre su zona idónea para mantener el interés en el juego ([Anexo VI e](#)).
- Disponer de vídeos con información ampliada respecto a los contenidos asociados a su curso ([Anexo II](#)).
- Proporcionar enlaces para poder ampliar información, como es en el caso de la actividad de expresión génica ([Anexo IV c](#)).

4.8. RECURSOS

A continuación, se listan los recursos necesarios para llevar a cabo la impartición de esta unidad didáctica:

- Libros de texto con su PowerPoint asociado.
- Aula de informática con internet.
- Material complementario (noticias y fichas de juegos, disponibles en los anexos).
- Proyector.
- Pizarra.
- Papel y bolígrafo.
- Aula que permita movilidad a los alumnos para realizar tareas en grupo.
- Durante la actividad de “juego de rol” se recomienda soporte de otros profesores para llevarla a cabo. La actividad será más fluida si se dispone de al menos 2 personas para dirigir la actividad.
- Para la actividad de juego de rol puede ser conveniente emplear dos sesiones seguidas para que tenga lugar de manera más relajada y distendida, dado que es una dinámica nueva para los estudiantes y les permitirá disponer de más tiempo para ir resolviendo los diferentes retos.

4.9. SECUENCIA Y TEMPORALIZACIÓN

La asignatura de Biología y Geología en 4º ESO dispone de cuatro sesiones semanales de 55 minutos.

Recordemos que la unidad didáctica “Genética Molecular” abarca contenidos de una gran trascendencia en el alumnado tanto asociados a la vida cotidiana como a su camino académico en caso de continuar los estudios por la rama de ciencias.

La siguiente tabla resume las sesiones destinadas a impartir la Genética Molecular incluyendo los estándares de aprendizaje a abarcar en cada sesión, la metodología empleada y las competencias clave que se desarrollarán durante el transcurso de cada sesión.

Tabla 3: Tabla resumen de las sesiones para la impartición de la unidad didáctica Genética Molecular (N/A corresponde a las siglas de “no aplica”).

SESIÓN	CONTENIDOS PRINCIPALES	EA*1	METODOLOGÍA*2	ACTIVIDADES ASOCIADAS	COMPETENCIAS CLAVE*3
1	Análisis de ideas previas	N/A	Gamificación Diálogo con preguntas abiertas MFM	Anexo I: cuestionario de ideas previas de genética.	AA, CL, CD
2	Replicación Concepto de gen. Expresión génica	1.1	Clase expositiva participativa Aprendizaje clásico activo	Anexo II a: vídeos replicación	AA
3	Expresión génica	1.1 2.1	Clase expositiva participativa Aprendizaje clásico activo	Anexo II b: vídeos expresión génica	AA
4	Expresión génica (repaso grupal)	1.1 2.1	Gamificación Aprendizaje cooperativo Aprendizaje activo MFM, MFCo	Anexo III: timeline Expresión Génica	AA, CSC
5	Expresión génica	1.1 2.1	Aprendizaje basado en problemas Aprendizaje cooperativo MFC, MFM, MFCo	Anexo IV: actividades de expresión génica	AA, CMCT, CD, CL
6	ADN recombinante y PCR	4.1	Clase expositiva participativa MFM	Anexo V: pirámide de la genética	AA, CMCT, CSC
7	Mutaciones y tipos	3.1	Exposición con preguntas abiertas Aprendizaje clásico activo	N/A	AA, CL
8	Monitorización de aprendizaje	1.1 2.1 4.1	Gamificación Aprendizaje basado en problemas Aprendizaje cooperativo MFC, MFI, MFM, MFCo	Anexo VI: juego de rol	AA, CMCT, CSC, CL, SIEE, CEC
9	Monitorización de aprendizaje	1.1 2.1 4.1	Aprendizaje por competencias MFC, MFM, MFCo	Anexo VI: juego de rol	CL, AA, CSC

Genética molecular en el aula: Propuesta didáctica para alumnado de 4º ESO

Almudena Pérez Arias

10	EXAMEN	1.1-7.1	MFM	Anexo VII: examen tipo test	AA
11	Clonación	5.1	Debate Aprendizaje por indagación Aprendizaje por competencias Lectura dirigida MFC, MFCo	Anexo VIII: noticia “Salvar al bucardo”	AA, CL, CEC, CSC, CD
12	Ingeniería genética, Bioética y Biotecnología	6.1 7.1	Debate Aprendizaje por indagación Aprendizaje por competencias Lectura dirigida MFC, MFCo	Anexo IX: Material complementario	AA, CL, CEC, CSC, CD
13	Ingeniería genética, Bioética y Biotecnología	6.1 7.1	Debate Aprendizaje por indagación Aprendizaje por competencias Lectura dirigida MFC, MFCo	Anexo IX: Material complementario Preparación del debate	AA, CL, CEC, CSC, CD
14	Ingeniería genética, Bioética y Biotecnología	6.1 7.1	Debate Aprendizaje por indagación Aprendizaje por competencias Lectura dirigida MFC, MFCo	Anexo IX: Material complementario Preparación del debate	AA, CL, CEC, CSC, CD

*1Corresponde con los estándares de aprendizaje (EA) mostrados en la *Tabla 2: Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje en base al Real Decreto 1105/2014, y competencias clave según la ORDEN ECD 65/2015.*

*2Las metodologías destinadas a la inclusión se describen en siglas cuyo significado se encuentra en el apartado *4.6.1 Orientada a la inclusión* del presente documento.

*3En el apartado *4.4 competencias* de este documento se encuentra la leyenda del significado de las siglas que describen las competencias clave en esta tabla.

Sesión 1:

Esta sesión va destinada a conocer y analizar las ideas previas del alumnado acerca de la genética molecular. Para ello, los alumnos responderán a un cuestionario mediante la plataforma kahoot ([Anexo I: Cuestionario de ideas previas de genética](#)), de manera que lo idóneo es realizar esta sesión en el aula de informática del Centro Educativo.

La aplicación kahoot ofrece formatos de respuesta tipo verdadero-falso, con opciones multi-respuesta, o bien abiertas para que el alumno redacte la contestación.

La ventaja que ofrece realizar un cuestionario en kahoot es que proporciona los resultados ya analizados ahorrando tiempo al profesor. Podrá obtener un informe resumido con el que conocer el porcentaje de alumnos que contestaron correcta o erróneamente cada pregunta. En caso de querer realizar un análisis individual, la plataforma te permite acceder al cuestionario de cada uno de los alumnos, e incluso saber cuánto tiempo dedicaron a responder cada pregunta.

Sesiones 2, 3, 4 y 5:

Se comienza explicando la replicación mediante una clase expositiva con preguntas guiadas, apoyada de imágenes y videos ([Anexo II: Vídeos, recurso de ampliación y de refuerzo](#)).

Durante la cuarta sesión se explica la expresión génica siguiendo la misma técnica, pero esta vez se acompañará del uso de la gamificación para potenciar un repaso colectivo por equipos de cuatro componentes. Se establecerá un tiempo de unos 20 minutos para que cada grupo ordene cronológicamente la información contenida en las tarjetas del juego en base a las etapas de la expresión génica ([Anexo III: Timeline Expresión Génica](#)). Una vez transcurrido

ese tiempo, se rotarán los grupos de manera que un grupo ajeno sea el que puntúe cuántas tarjetas han quedado ordenadas en el orden correcto mientras se debate entre todos los componentes de clase cuáles son las etapas que tienen lugar durante el proceso de transcripción y traducción. Se establecerá un ranking de puntuación en base al número de tarjetas que hayan colocado en el orden correcto. El equipo con más aciertos, dispondrá de 0.5 puntos más en el examen escrito.

La quinta sesión se destina a poner en práctica la teoría mediante la resolución de problemas de expresión génica que podrán llevar a cabo por parejas (**Anexo IV: Actividades de expresión génica**) para potenciar el aprendizaje cooperativo.

Sesión 6:

Durante esta sesión se lleva a cabo una exposición con preguntas abiertas empleando un PowerPoint como recurso de apoyo para explicar lo que es la PCR y el ADN recombinante. Para potenciar que los alumnos relacionen los conceptos dados hasta el momento, se lleva a cabo la actividad de la pirámide de la genética (**Anexo V: Pirámide de la genética**). Esta actividad tendrá lugar en parejas y deberán ordenar los conceptos proporcionados en función de su tamaño. Se establecerá un tiempo de 15 minutos, y después las parejas rotarán para corregir lo de sus compañeros. El equipo con más aciertos, dispondrá de un día extra para preparar la exposición del juego de rol (sesión 9).

Sesión 7:

Se imparte una clase expositiva sobre mutaciones empleando un proyector como soporte para mostrar imágenes y se incentivará la participación del alumno mediante preguntas abiertas para mantener su atención y participación. Así mismo, se mostrarán ejemplos de mutaciones y su repercusión para facilitar la asimilación de los contenidos.

Sesiones 8, 9:

La octava sesión se destina a emplear la gamificación para simular situaciones reales del mundo laboral para que los alumnos se familiaricen con distintas aplicaciones y escenarios en los que la genética juega un papel esencial. Para ello, se lleva a cabo el juego de rol del [Anexo VI](#): juego de rol.

El juego se lleva a cabo en grupos de tres-cuatro personas y consta de varios niveles. Para pasar de nivel, deben ir resolviendo tarjetas con preguntas relacionadas con la teoría explicada en clase. Según resuelvan las tarjetas debidamente, conseguirán obtener muestras críticas, recopilar resultados de los análisis del laboratorio y conocer la muestra patrón para poder resolver el enigma. En caso de disponer de una sola sesión para impartir la gamificación, se deben establecer tiempos de 12 minutos para cada nivel. El profesor irá apuntando, para cada grupo, cuántas tarjetas han logrado resolver correctamente en cada nivel.

Al final del juego, los alumnos habrán recopilado las tarjetas del escenario problema en el que se encuentran, las muestras recogidas, los resultados de las mismas obtenidas en el laboratorio y la muestra patrón, las cuáles emplearán para rellenar su cuaderno de laboratorio. En el cuaderno de laboratorio deben redactar cuál era la situación problema, el objetivo, qué muestras y resultados obtuvieron y analizarlos para poder razonar sus conclusiones. El equipo que más tarjetas haya resuelto correctamente, podrá seleccionar qué ideas quiere defender durante las sesiones posteriores en las que tengan lugar debates.

Durante la novena sesión cada grupo explicará cómo resolvió su enigma al resto de los compañeros y mostrará los resultados recopilados en su cuaderno de laboratorio. Cada grupo, en la última tarjeta, dispondrá de un enlace que le llevará a una noticia o breve información sobre su escenario que deberán visitar y leer. La exposición de cada grupo debe servir para que ellos mismos tomen conciencia de si han entendido el proceso, así como para aprovechar la ocasión

para preguntarles sobre la tarea de manera que puedan surgir dudas que se resuelvan entre todos los compañeros.

Sesión 10:

Se plantea un examen tipo test ([Anexo VII: Examen tipo test](#)) ya que en anteriores sesiones los alumnos ya han desarrollado respuestas para explicar a sus compañeros temas relacionados con la genética desarrollando la competencia lingüística. Por otra parte, este formato de examen supone una corrección más ágil lo que ayudará al profesor a optimizar su tiempo.

Sesiones 11, 12, 13 y 14:

Durante estas sesiones se pretende potenciar la capacidad lingüística, el aprendizaje por indagación a través de libros e internet y ayudar al alumno a crear un pensamiento crítico.

Por ello, las secciones destinadas a la clonación, ingeniería genética, bioética y biotecnología se trabajarán en base a unos materiales complementarios que incluyen noticias y ejemplos ([Anexo VIII: Noticia “Salvar al bucardo”](#) y [Anexo IX: Material complementario](#)) que sirvan de punto de partida para que los alumnos busquen información relevante y preparen argumentos en casa para defender a favor o en contra (decidido al azar por el profesor) a lo largo de debates que tendrán lugar en el aula.

4.10. EVALUACIÓN

Según la LOMCE, los criterios de evaluación deben servir de referencia para valorar lo que el alumnado sabe. Estos criterios de evaluación se desglosan en estándares de aprendizaje evaluables, que deben ser además observables y medibles para poder valorar el desarrollo competencial.

Acorde con la Orden ECD65/2015, también deben tenerse en cuenta el grado de dominio de las competencias correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria a través de procedimientos de evaluación e instrumentos de obtención de datos que ofrezcan validez y fiabilidad en la identificación de los aprendizajes adquiridos. Debe relacionarse las competencias que correspondan con los estándares de aprendizaje evaluables. Se empleará la lista de control del Anexo IV disponible en la Orden EDU 362/2015 para valorar las competencias de los alumnos.

En lo que concierne a esta unidad didáctica, se calificarán las diferentes actividades para llevar a cabo una evaluación continua. En la siguiente tabla se resume el peso de la nota respecto al total para esta unidad didáctica y se describe la herramienta a emplear para llevar a cabo la evaluación:

Tabla 4: Cuadro resumen de la estrategia de evaluación de la unidad didáctica.

ACTIVIDAD	PESO DE LA NOTA	HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN
Timeline Expresión génica Problemas Expresión génica Pirámide de Genética Juego de Rol	20%	Lista de control de actividades (Tabla 5)
Exposición Juego de rol	20%	Lista de control exposición (Tabla 6)
Examen tipo test	30%	Respuesta correcta 1 punto Respuesta errónea resta 0,5 puntos (Anexo VII: Examen tipo test)
Debate clonación	15%	Lista de control debates (Tabla 7)
Debate ingeniería genética Bioética y biotecnología	15%	Lista de control debates (Tabla 7)

A continuación, se muestran las herramientas diseñadas a modo de tabla para evaluar a los alumnos en base a la tabla anterior:

Tabla 5: Lista de control para las actividades de timeline, problemas de expresión génica, pirámide de genética y la primera parte del juego de rol. Se evaluará de 0 a 5 (0=nulo, 1= insuficiente, 2=suficiente, 3= bien, 4=notable, 5= sobresaliente).

LISTA DE CONTROL DE ACTIVIDADES									
ACTIVIDAD		ALUMNO							
		1	2	3	4	5	6	...	14
Timeline	Resolución de la tarea								
	Participación y cooperación								
Problemas	Resolución de la tarea								
	Participación y cooperación								
Pirámide	Resolución de la tarea								
	Participación y cooperación								
Juego Rol	Resolución de la tarea								
	Participación y cooperación								
MEDIA									

Tabla 6: lista de control para evaluar el cuaderno de laboratorio y la exposición del juego de rol. Se evaluará de 0 a 5 (0= nulo, 1= insuficiente, 2= suficiente, 3= bien, 4= notable, 5= sobresaliente).

LISTA DE CONTROL EXPOSICIÓN JUEGO DE ROL									
ACTIVIDAD		ALUMNO							
		1	2	3	4	5	6	...	14
Presentación									
Lenguaje técnico									
Interpretación Conclusiones									
Exposición Oral									
MEDIA									

Tabla 7: Lista de control para evaluar la preparación y participación durante los debates (0= nulo, 1= insuficiente, 2= suficiente, 3= bien, 4= notable, 5= sobresaliente).

LISTA DE CONTROL DEBATES								
ACTIVIDAD	ALUMNO							
	1	2	3	4	5	6	...	14
Expresión Oral								
Calidad de los Argumentos								
Capacidad de síntesis								
Respeto el turno de palabra								
Escucha activa								
Coherencia y cohesión grupal								
MEDIA								

4.10.1. Recuperación

La nota del trimestre será el resultado de las medias de las unidades didácticas que la componen. En caso de que algún alumno no alcance los objetivos establecidos, se analizará cuáles son las competencias y contenidos no superados. En base a esta información, se establecerán los apartados que el alumno debe trabajar de cara a un examen o actividades de recuperación.

5. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Durante esta unidad didáctica, el docente actúa como transmisor, pero principalmente como guía del proceso de aprendizaje, por lo que, como profesores, no debemos eximirnos de responsabilidad respecto a los resultados obtenidos por parte de los estudiantes.

Es importante llevar a cabo una auto-evaluación crítica de la propuesta didáctica expuesta, analizar los resultados obtenidos respecto a los objetivos establecidos y considerar las conclusiones del análisis como punto de partida para la próxima planificación de esta unidad didáctica o incluso otras materias o unidades didácticas que apliquen. Para llevar a cabo esta auto-evaluación, se debe establecer un criterio objetivo marcado desde el inicio de la planificación para evaluar el rendimiento y los resultados de la propuesta didáctica expuesta.

Se propone analizar cada uno de los estándares de aprendizaje de la unidad didáctica y considerar los resultados de las evidencias obtenidas a través de los exámenes y listas de control empleadas para evaluar las distintas actividades. Se considerará que el alumno ha alcanzado los objetivos siempre y cuando haya alcanzado una evaluación igual o superior a 5 sobre 10 puntos para cada uno de los estándares de aprendizaje. De manera global, se considerará que la propuesta didáctica ha sido exitosa si al menos el 75% de los alumnos alcanza los objetivos propuestos.

En caso de que, según el criterio descrito, la propuesta didáctica no haya sido exitosa, habrá que llevar a cabo una revisión de la misma y establecer acciones a considerar para próximos contextos similares en los que se vaya a impartir la unidad didáctica expuesta.

La evaluación puede llevarse a cabo siguiendo la información de la siguiente tabla, si bien no tiene por qué limitarse únicamente a la información reflejada en esta tabla:

Tabla 8: Instrumento para llevar a cabo la auto-evaluación de la propuesta didáctica.

Estándares de Aprendizaje	Herramientas de Valoración* ¹	Acciones de mejora* ²
1.1 Reconoce la función del ADN como portador de la información genética, relacionándolo con el concepto de gen.	Lista de control actividad Timeline. Pirámide de genética Juego de rol Examen	Potenciar la motivación. Revisar metodología aplicada. Adecuar actividades grupales en caso.
2.1 Ilustra los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético.	Lista de control actividad. Timeline. Problemas de expresión génica. Examen	Posible planteamiento del tipo de examen. Revisar los problemas realizados en clase. Revisar la metodología aplicada.
3.1 Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos.	Examen.	Revisar la metodología aplicada.
4.1 Diferencia técnicas de trabajo en ingeniería genética.	Lista de control debate.	Posible adaptación de material complementario. Valorar si reciben soporte suficiente para la indagación.
5.1 Describe las técnicas de clonación animal, distinguiendo clonación terapéutica y reproductiva.	Lista de control debate relacionado con “Salvar al bucardo”.	Posible adaptación de material complementario. Potenciar soporte para la indagación.
6.1 Analiza las implicaciones éticas, sociales y medioambientales de la Ingeniería Genética.	Lista de control debate.	Posible adaptación de material complementario. Potenciar soporte para la indagación.
7.1 Interpreta críticamente las consecuencias de avances actuales en el campo de la biotecnología.	Lista de control debate.	Posible adaptación de material complementario. Potenciar soporte para la indagación.

**¹Se considerará que el alumno no ha logrado un estándar de aprendizaje en aquellos casos en los no apruebe el apartado a ser evaluado (considerando aprobado cuando la nota obtenida en dicha/s preguntas sea, al menos, un 5 sobre 10).*

**²Se considerará potencialmente necesario establecer alguna acción cuando más del 25% de los alumnos no hayan cumplido los objetivos, si bien las posibles acciones de mejora no deben limitarse exclusivamente a las listadas en esa tabla.*

La impartición de la primera parte de la unidad didáctica se basa en el aprendizaje activo en base a la gamificación y su evaluación mediante un examen. Mientras que la segunda parte se centra en el aprendizaje activo basado en la indagación para preparar y defender unas ideas durante los debates. De manera que, en caso de que se obtengan mejores resultados con una metodología frente a la otra, puede suponer el planteamiento de adaptar la metodología del resto de unidades didácticas a la que mejor funcione en el contexto al que vaya dirigido.

Otro modo de llevar a cabo una auto-evaluación es mediante un análisis DAFO que establezca las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades encontradas durante la impartición de la unidad didáctica.

6. CONCLUSIONES

Los datos mostrados al inicio de este trabajo sugieren la conveniencia de alejarnos del método tradicional basado en clases magistrales apoyadas con un formato PowerPoint y buscar alternativas educativas que se amolden a una sociedad cada vez más plural y cambiante, acorde con el desarrollo del entorno que nos rodea.

El análisis de diferentes fundamentos teóricos lleva a pensar que potenciar el aprendizaje activo de los estudiantes desde una perspectiva constructivista debería mejorar los resultados de dicho proceso. Mediante la exploración de diferentes metodologías, se ha podido reflexionar sobre aquellas que incentivan el desarrollo de competencias exigidas por el currículo, el aprendizaje de sus contenidos e incluso aquellas que favorecen la inclusión en el aula.

Como resultado de dicha exploración, se plantea el diseño de esta unidad didáctica cuya impartición se basa en las ventajas que ofrece la gamificación, el debate y la exploración como estrategias didácticas del aprendizaje activo que pueden funcionar para la materia de Biología y Geología.

El modelo de impartición de esta unidad didáctica debería ofrecer las siguientes ventajas en el proceso de aprendizaje:

- Potencia el desarrollo de competencias.
- Mejora de comprensión de los temas.
- Predominan actividades que sirven a modo de estudio o repaso que ayudan al alumno en su proceso de aprendizaje y fomenta la aparición de dudas, las cuales pueden resolverse por indagación o mediante discusión en clase.
- Las actividades sirven a modo de autoevaluación del proceso de aprendizaje.
- Incluye material de refuerzo y de ampliación, y es factible amoldarlo a otras necesidades del alumnado.
- Fomenta el trabajo en equipo favoreciendo las competencias sociales e incentivando el respeto, la tolerancia y la inclusión.
- Entrena al alumno para informarse sobre temas poco conocidos y construir un pensamiento crítico basado en la argumentación.

Por otra parte, el éxito de la impartición de esta propuesta didáctica viene determinado o limitado por una serie de factores detallados a continuación:

- Disponibilidad fuera del horario laboral e intención por parte del docente para preparar el material complementario asociado a la unidad didáctica.
- Tiempo disponible del docente para emplear una metodología diferente a la tradicional clase magistral.
- Proactividad por parte del alumnado para participar en su aprendizaje activo a través de las actividades.
- Correcta adecuación de las actividades al contexto al que vaya dirigido, incluyendo, si aplicara, adaptaciones significativas en base a la adaptación a la diversidad.
- Colaboración de otros docentes, estudiantes en prácticas o similares para dar soporte durante la actividad del juego de rol.

7. REFLEXIÓN PERSONAL

Se dice que sólo podemos obtener resultados diferentes si hacemos algo diferente. Para ello, hay que arriesgar y actualizar el modo de impartir la docencia para adaptarse al actual alumnado. El docente debe formar parte de esa evolución y constante desarrollo del mundo que nos rodea. Limitarse a “hacer siempre lo mismo” a pesar del fracaso y abandono escolar existente entre el alumnado de la ESO, lo considero rendirse.

Desde luego, hace falta un punto de partida desde el que lanzarse a cambiar el modo de proceder para mejorar los resultados en la educación. Y mientras esto no tenga lugar desde el Ministerio de Educación, el cual, creo, debería ofrecer el diseño de unidades didácticas como éstas para todos los temarios, quedará en manos de la voluntad del docente y el alumnado.

Soy consciente del exceso de confianza para que el diseño de esta unidad salga adelante, pero hay que tomarlo como un prototipo que vaya adaptándose a las necesidades y modo de funcionar de cada aula. Sólo poniéndolo en práctica se podrán hacer modificaciones adecuadas para que se adapten a los recursos y necesidades de nuestro sistema educativo. Lo esencial es iniciar el proceso de búsqueda de alternativas educativas que ayuden a mejorar los resultados obtenidos con nuestro sistema y este diseño de unidad didáctica, más o menos acertado, es un comienzo.

7. BIBLIOGRAFÍA

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

Ayuso, E. (2000). *La enseñanza de la Herencia Biológica y la Evolución de los seres vivos. Fundamentación, planificación y evaluación de una propuesta didáctica para la Educación Secundaria Obligatoria*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.

Ayuso, E., Banet, E., y Abellán, T. (1996). *Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios?* Enseñanza de las Ciencias, 14 (2), 127-142.

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

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

Caballero Armenta, M., González, M.P., Olivares, E., Santisteban, A. y Serrano, P (1997). *Didáctica de las leyes de Mendel*. Cuadernos de la UNED. ISBN: 84-362-3474-X.

Cabrera Albert, J.S y Fariñas León, G. (2005). *La personalización de la educación desde la perspectiva de los estilos de aprendizaje*. RedUNCI, V Congreso Internacional Virtual de Educación.

Campanario, JM., Otero, JC. (2000). *Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 2000, Vol. 18, núm. 2, pp. 155-69.

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

Dale, E. (1964). *Métodos de Enseñanza Audiovisual*. México. Editorial: Reverté S.A.

Delors, J. (1996). "Los cuatro pilares de la educación" en *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión internacional sobre la educación para el siglo XX*. Madrid, España: Santillana/UNESCO, pp. 91-103.

Driver, R. (1987). *Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. University of Leeds.

Duffy, T.M. y Jonassen, D.H. (1992). *Constructivism and the technology of instruction: A conversation*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Publishers.

Duffy, T.M., Lowyck, J., y Jonassen, D.H. (1992). *The design of constructivist learning environments: Implications for instructional design and the use of technology*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.

Escudeiro, P. y Vaz de Carvalho, C. (2013). *Game-Based Language Learning*. International Journal of Information and Education Technology, Vol.3, No6, December 2013.

González, E (1993-1996). *Acerca de la metacognición*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Paradigma. Vol. XIV al XVII, 1993-1996.

Hackling, M.W., y Treagust, D. (1984). *Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula*. Journal of Research in Science Teaching, 21 (2), 197-209.

Hammer, D. (1995). *Epistemological considerations in teaching introductory Physics*. Science Education. Wiley Online Library, s.f., pp. 393-413.

Infante-Malachias, M.E., Queiroz, I., Weller, M., y Santos, S. (2010). *Comprehension of basic genetic concepts by brazilian undergraduate students*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 9 (3), 657-668.

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

Jiménez, M.P. (1991). *Análisis de modelos didácticos: Didáctica de las Ciencias*. Módulo I, Curso de Formación del Profesorado de Ciencias, MEC.

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

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

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

Martínez Aznar, M.M. e Ibáñez, M.T. (2005). *Solving Problems in Genetics*. International Journal of Science Education, 27 (1), pp.101-121.

Morera-Huertas, J., Mora-Román, J.J., (2019). *Empleo de la gamificación en un curso de Fundamentos de Biología*. Revista Electrónica Educare, ISSN-e 1409-4258, Vol.23, nº2 (mayo, agosto).

Olmedo Torre, N., Farrerons Vidal, O. *Modelos Constructivistas de Aprendizaje en Programas de Formación*. Omniascience. ISBN: 978-84-946352-1-2.

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

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

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

Picado Godínez, FM (2001). *Didáctica general, una perspectiva integradora*. EUNED. ISBN: 9968-31-172-3.

Ministerio de Educación y Formación Profesional. *PISA 2018. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes*.

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

Silberman, M. (1998). *Aprendizaje activo. 101 estrategias para enseñar cualquier tema*. Troquel. ISBN 950-16-3085-4.

Suárez-Álvarez, R., Vázquez-Barrio, T., (2019) *La gamificación aplicada a la educación como recurso “learning by doing” y “learning by interacting” en alumnos de Educación Secundaria Obligatoria*. Conference Proceedings.

Zichermann, G. y Cunningham, C. (2011). *Gamification by design. Implementing game mechanics in web and mobile apps*. Publisher: O'REILLY. Sebastopol.

8. WEBGRAFÍA

Actividades Repaso Septiembre Biología y Geología 4º ESO. (s.f). Colegio Dominicás Vista Bella. Recuperado de <https://www.dominicasvistabella.com>, última vez visitado 17/06/2020.

Aeroscrith82. (2014). *05 06 Replicación de los telómeros*. Recuperado de <https://www.youtube.com>, última vez visitado 17/06/2020.

Blanca, B. (2019). *La gamificación*. Recuperado de <https://www.actividadeseducainfantil.com>, última vez visitado 22/05/2019.

Diagnóstico genético. (2015). Biomutua, blog de biología. Recuperado de <http://blog.educastur.es>, última vez visitado 17/06/2020.

Enfermedad drepanocítica. (s.f). NIH Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU. Recuperado de <http://www.nlm.nih.gov>, última vez visitado 17/06/2020.

Martínez, M. (2019). *Todo lo que podremos hacer con la ingeniería genética*. Nobbyt, Tecnología para las personas. Recuperado de <https://www.nobbyt.com>, última vez visitado 17/06/2020.

Posada Prieto, F. (2013). *Gamificación educativa*. Recuperado de <http://canaltic.com>, última vez visitado el 18/05/2020.

Romina Kohan. (2016). *Transcripción y traducción en eucariontes*. Recuperado de <https://www.youtube.com>, última vez visitado 17/06/2020.

Salas, J. (2019). *El día que “resucitaron” una especie*. El país. Recuperado de <https://www.elpais.com>, última vez visitado 17/06/2020.

Sebastián, R. (2018). *Ejercicio: transcripción de una cadena de ADN a ARNm*. Recuperado de <https://www.youtube.com>, última vez visitado 17/06/2020.

Sueiro, R. (2015). *Las 10 claves de la gamificación eficaz*. El blog de Gestación. Recuperado de <https://blog.gestazion.com>, última vez visitado el 24/05/2019.

Ticmas Education. (2019). *¿Cómo ocurre el proceso de replicación del ADN?* Recuperado de <https://www.youtube.com>, última vez visitado 17/06/2020.

Yourgenome. (2015). *ADN replication – 3D*. Recuperado de <https://www.youtube.com>, última vez visitado 17/06/2020.

Yourgenome. (2015). *From ADN to protein – 3D*. Recuperado de <https://www.youtube.com>, última vez visitado 17/06/2020.

9. ANEXOS

ANEXO I: Cuestionario de ideas previas de genética.

CUESTIONARIO IDEAS PREVIAS DE GENÉTICA (KAHOOT. Código: 03885550)

https://kahoot.it/challenge/03885550?challenge-id=658c217b-1d8b-4902-9a03-708e3145a088_1591459322053

(Las respuestas correctas del test se encuentran señaladas en azul)

1. Selecciona cuáles de los siguientes organismos contienen material genético
 - a. Animales
 - b. Plantas
 - c. Virus
 - d. Bacterias
2. Los virus y bacterias contienen cromosomas
 - a. Verdadero
 - b. Falso
3. Señala cuáles de los siguientes organismos contienen genes
 - a. Plantas y Animales
 - b. Virus
 - c. Bacterias
4. El ADN y ARN se diferencian en que el primero contiene material genético, y el segundo no.
 - d. Verdadero
 - e. Falso
5. El ADN se compone de adenina, citosina, guanina y...Timina
6. El ARN se compone de adenina, citosina, guanina y...Uracilo
7. Los cromosomas sexuales se encuentran sólo en los gametos
 - a. Verdadero
 - b. Falso
8. ¿Dónde podemos encontrar ADN?
 - a. Únicamente en óvulos y espermatozoides
 - b. Solo en sangre y en gametos
 - c. Todas las células contienen ADN.
9. Selecciona aquellas muestras en las que se puede encontrar material genético
 - a. Pelo
 - b. Plumas
 - c. Sangre
 - d. Huesos
10. La comida como la carne y la pasta no contienen material genético:
 - a. Verdadero

b. Falso

c. La carne sí contiene material genético, pero la pasta no.

11. En una escala de 0-10, ¿cuánto te gusta la biología?

ANEXO II: Vídeos (recurso de ampliación y de refuerzo)

II a) Replicación:

Video explicativo del proceso de replicación en español
<https://www.youtube.com/watch?v=SMLSAI5igeY>

Video explicativo del proceso de replicación en inglés
<https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw>

Video explicativo sobre la etapa de terminación de la replicación
<https://www.youtube.com/watch?v=hszZXINY9Wc>

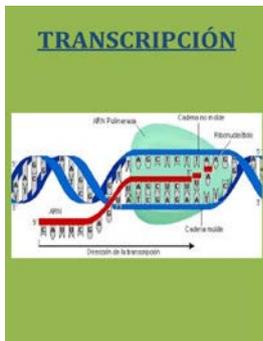
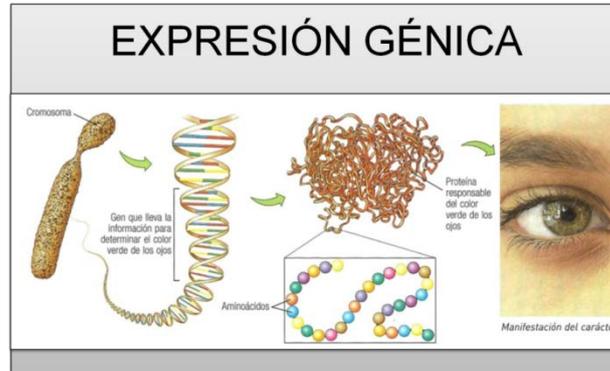
II b) Expresión génica

Vídeo resumen sobre la traducción y transcripción
<https://www.youtube.com/watch?v=pdMD6ohp1fM>

Resumen esquemático en inglés que incluye también esquema de la estructura de ADN
<https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA>

ANEXO III: Timeline Expresión Génica

FICHAS DEL JUEGO (cada equipo recibirá todas las fichas desde un principio para que las coloquen en orden de la secuencia correcta)

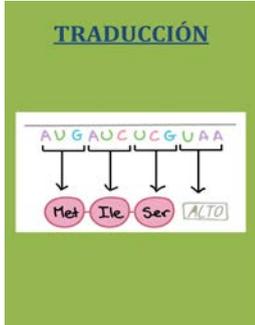


Tiene lugar en el núcleo de la célula

Hace una copia del ADN empleando una de las hebras como molde para hacer la copia en formato ARNm

El ARNm se sintetiza en sentido 5' → 3'

Una vez sintetizado, el ARNm sale del núcleo y va al citoplasma



Tiene lugar en el citoplasma de la célula, en las ribosomas

Los ribosomas "leen" la secuencia de nucleótidos del ARNm

Habrán un ARNt que transporte un aminoácido al ribosoma para cada triplete de nucleótidos

A cada triplete se le denomina CODÓN

Continúa la unión de aminoácidos hasta formar la proteína que codifica para ese gen

La proteína resultante es la responsable del carácter controlado por el gen

ANEXO IV: Actividades de expresión génica

IV a) Problemas de expresión génica

Actividad adaptada de las siguientes fuentes de internet:

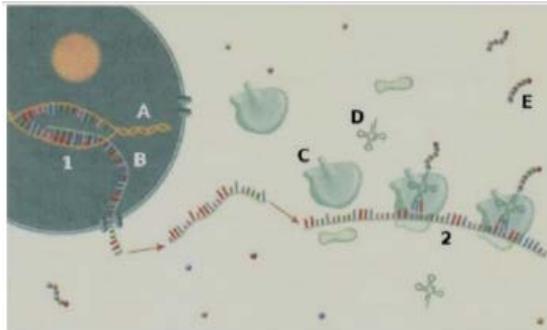
<http://blog.educastur.es/juanrl/category/4%C2%BA-eso/>

<https://www.dominicasvistabella.com/public/files/bio4.pdf>

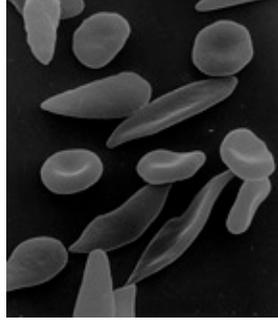
1. Se parte de una cadena de ARNm que será utilizada para sintetizar una proteína:

AUGUCAUUCGACCGUAGUCCGGUGACUU

- Determina la secuencia de la hebra molde de ADN que dio origen al ARNm.
 - Escribe la cadena complementaria de ADN que no se transcribió.
 - Consulta del código genético, traduce la secuencia de ARNm e identifica la secuencia de aminoácidos que tendría la proteína
2. En la siguiente imagen aparecen representados los pasos, orgánulos y moléculas implicados en la expresión de la información genética.



- ¿se trata de una célula eucariota o procariota? Justifica la respuesta
 - ¿qué moléculas representan las letras A, B, C, D y E?
 - ¿qué procesos representan los números 1 y 2?
3. Formas parte de un equipo de diagnóstico de enfermedades mediante la investigación de secuencias de ADN. Tu paciente tiene síntomas de fatiga, palidez, frecuencia cardíaca rápida, dificultad respiratoria e ictericia. En el análisis de sangre habéis obtenido una imagen de sus eritrocitos, los cuáles tiene una forma atípica de bastón o de hoz.



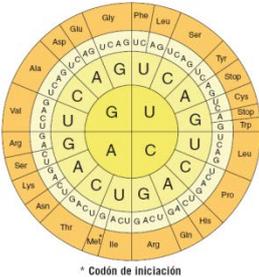
Ante la sospecha de un defecto en la hemoglobina, extraéis una muestra de ADN para obtener un fragmento de la secuencia que codifica la información de la hemoglobina. La secuencia de la muestra del ADN del paciente es la siguiente:

5'GTACATCTCACTCCAGTGGAGAAA3'
3'CATGTAGAGTGAGGTCACCTCTTT5'

También tenéis un fragmento de la secuencia de aminoácidos de una molécula normal de hemoglobina: VALINA-HISTIDINA-LEUCINA-TREONINA-PROLINA-ÁC. GLUTÁMICO-ÁC. GLUTÁMICO-LISINA.

TAREA:

A partir de la secuencia de bases de la cadena 3'→5' transcribe el ARNm correspondiente y elabora con la ayuda del código genético la secuencia de aminoácidos y compáralo con la de la hemoglobina normal.



Resultado y diagnóstico:

¿Qué es lo que has encontrado? ¿Existe alguna diferencia entre las dos secuencias de proteínas? Con los resultados elabora tu diagnóstico en el que describas la enfermedad, su origen genético y los defectos que causa.

IV b) Actividades de refuerzo

El siguiente video explica cómo determinar el ARNm a partir de ADN:

<https://www.youtube.com/watch?v=gNfQLcp-zlk>

IV c) Actividades de ampliación

Se puede ampliar información sobre la anemia descrita en el siguiente enlace:

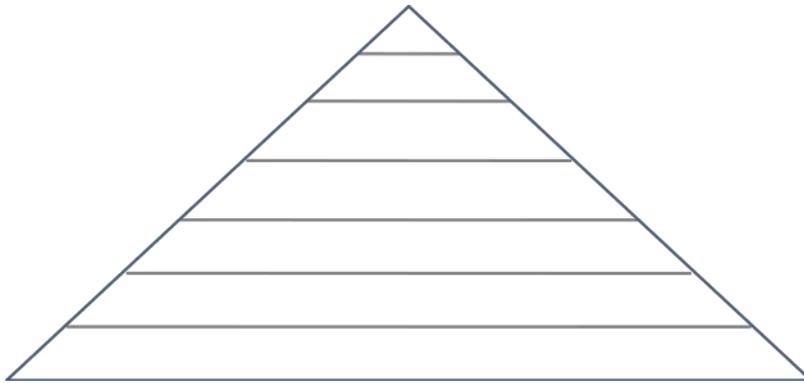
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000527.htm>

ANEXO V: PIRÁMIDE DE LA GENÉTICA

Ordena, de mayor a menor tamaño los siguientes elementos:

- Material genético
- ARNm
- Proteína
- Gen
- Aminoácido
- Codón
- Cromosoma

Emplea como esquema una pirámide de manera que pongas en la base aquellos de mayor tamaño y en el pico el más pequeño.



ANEXO VI: JUEGO DE ROL

Cada grupo de clase se encontrará en un escenario diferente. De manera que cada grupo tendrá un reto distinto que resolver. A continuación, se muestran las fichas de escenario, muestras y resultados para cada uno de las situaciones de rol. Las tarjetas a resolver para pasar de nivel, serán mismas para cada grupo.

VI a) Comienzo y puesta en escena.

Al inicio de la actividad cada grupo recibirá:

- La plantilla de cuaderno de laboratorio
- La tarjeta explicativa de su escenario y reto a descubrir (nivel 1).
- Una tarjeta identificativa de la profesión que ejercen los miembros de cada grupo

CUADERNO DE LABORATORIO:

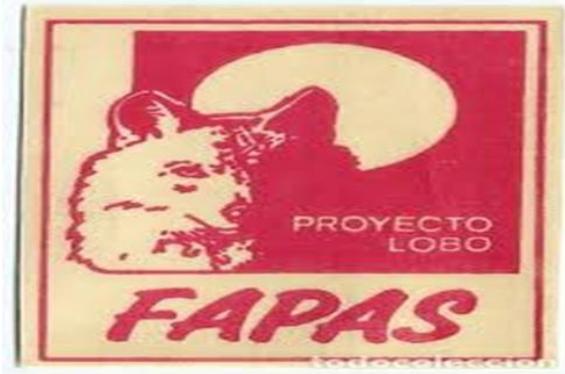
Deben cumplimentarlo. Les servirá como guión y deberán entregarlo al profesor tras exponerlo a sus compañeros durante la próxima sesión:

CUADERNO DE LABORATORIO	
Situación problema	
Muestras recogidas	
Resultados de las muestras	Muestra/s Patrón
Interpretación de resultados	
Conclusiones	

NIVEL 1: TARJETAS EXPLICATIVAS (de cada escenario):

 <p>¿Coronavirus en el instituto?</p>	<p>¿Coronavirus en el instituto?</p> <p>Tras el estado de alarma, el centro educativo donde estudiaste se plantea abrir de nuevo sus puertas. Para ello, deben asegurar que sus instalaciones están libres de Coronavirus.</p> <p>Para su resolución, os ha contratado por ser los especialistas con más experiencia en microbiología ¿podréis ayudarlos?</p>
---	--

 <p>¿Fraude alimentario?</p>	<p>FRAUDE ALIMENTARIO</p> <p>El escándalo sobre la sospecha de carne de caballo ha llegado a una famosa cadena de hamburgueserías. Como inspectores de sanidad, debéis verificar si sus productos están compuestos de lo que dicen contener o si, por el contrario, estamos ante un fraude alimentario.</p>
--	--



OPERACIÓN FAPAS

FAPAS es el “Fondo para la Protección de Animales Salvajes” que necesita mapear las zonas en la que hay lobos en Castilla y León. Os ha contratado como biólogos genetistas para ayudarles con su misión.



OMG

Un agricultor que cultiva tomates quiere formar parte del grupo “tierra de sabor”. Para ello, debe acreditar que sus tomates no están modificados genéticamente. Os ha contratado como tecnólogos expertos para que los analicéis y le proporcionéis un certificado con los resultados.

TARJETA IDENTIFICATIVA DE ROL (por orden de escenario):



VI b) Tarjetas del juego para resolver

Una vez han recibido el material necesario para iniciar el juego según el anexo VI a, y explicada la dinámica del juego, cada miembro de cada equipo recibirá una tarjeta para resolver, comenzando por aquellas pertenecientes al nivel 2.

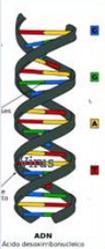
Habrà un set de tarjetas para resolver por grupo existente. El profesor, en cada ronda, dará una tarjeta a cada miembro del grupo de manera que todos deban participar en la resolución de cada nivel.

TARJETAS PARA RESOLVER (Dificultad estándar):

TARJETAS DE NIVEL 2: una vez resueltas, obtendrán las muestras relevantes para su escenario. (Tiempo estipulado: 12 min).

<p>2? SEÑALA CUÁLES CONTIENEN MATERIAL GENÉTICO:</p>  <p>Bacterias</p>  <p>Lechuga</p>  <p>Agua</p>  <p>Setas</p>	<p>DE LA SIGUIENTE LISTA, INDICA CUÁLES CONTIENEN MATERIAL GENÉTICO:</p>  <p>Virus</p>  <p>Granos de Trigo</p>  <p>Rocas</p>  <p>Huesos</p>	<p>¿Acorde con vuestra misión, qué tipo de material genético buscáis?</p>	<p>¿Dentro de vuestro escenario, de dónde cogierais muestras?</p>
--	---	---	---

TARJETAS DE NIVEL 3: una vez resueltas, obtendrán los resultados de los análisis del laboratorio (tiempo estimado: 12 min).

<p>3? Qué bases nitrogenadas componen el DNA? ¿Cuáles son complementarias?</p>  <p>ADN Ácido desoxirribonucleico</p>	<p>¿Qué bases nitrogenadas componen el RNA? ¿Cuáles son complementarias?</p>	<p>¿Qué tipo de material genético tienen los siguientes organismos? Une con flechas</p>  <p>Setas</p>  <p>Bacterias</p>  <p>Virus</p>  <p>Animales</p> <p>a) DNA b) RNA c) DNA o RNA</p>	<p>Como resultado de la expresión génica, se obtiene una proteína que codifica para un gen pero, para para ello, la célula necesita un ARN mensajero con la información de dicho gen. ¿Dónde se sintetiza el ARNm?</p>
---	--	---	--

TARJETAS DE NIVEL 4: una vez resueltas, obtendrán la información de la muestra patrón para que puedan razonar y redactar las conclusiones (tiempo estimado: 12 minutos).

<p>4? ¿Qué es una mutación?</p>	<p>Un agente mutágeno es aquel capaz de provocar una mutación.</p> <p>Cita , al menos, dos agentes mutágenos que conozcas</p>	<p>Cita algún ejemplo que conozcas causado por una mutación</p>	<p>Escribe el ARNm correspondiente a esta hebra informativa:</p> <p>CCT GAG TTA AGG CAA</p>
--	---	---	---

VI c) Tarjetas del juego para cada escenario

Cada grupo irá recibiendo, según vayan avanzando de nivel, las tarjetas con las muestras, los resultados de los análisis y la muestra patrón.

- Resolución tarjetas de nivel 2 para la obtención de muestras.
- Resolución de tarjetas de nivel 3 para la obtención de los resultados de los análisis de las muestras.
- Resolución de tarjetas de nivel 4 para la obtención la información de la muestra patrón.

A continuación, se muestran las tarjetas para cada uno de los grupos.

MUESTRAS:

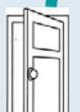
<p>CORONAVIRUS: Muestra 1 de 4</p>  <p>Escritorios</p> <p>?</p>	<p>CORONAVIRUS: Muestra 2 de 4</p>  <p>Pomos de puertas</p> <p>?</p>	<p>CORONAVIRUS: Muestra 3 de 4</p>  <p>Taquillas</p> <p>?</p>	<p>CORONAVIRUS: Muestra 4 de 4</p>  <p>Grifos</p> <p>?</p>
--	---	--	---

<p>FRAUDE ALIMENTARIO: Muestra 1 de 4</p>  <p>Hamburguesa ternera</p> <p>?</p>	<p>FRAUDE ALIMENTARIO: Muestra 2 de 4</p>  <p>Hamburguesa pollo</p> <p>?</p>	<p>FRAUDE ALIMENTARIO: Muestra 3 de 4</p>  <p>Bocados de pollo</p> <p>?</p>	<p>FRAUDE ALIMENTARIO: Muestra 4 de 4</p>  <p>Hamburguesa vegetariana</p> <p>?</p>
---	---	--	---

<p>FAPAS: Muestra 1 de 4</p>  <p>Pelos (Zamora)</p> <p>?</p>	<p>FAPAS: Muestra 2 de 4</p>  <p>Pelos (León)</p> <p>?</p>	<p>FAPAS: Muestra 3 de 4</p>  <p>Pelos (Salamanca)</p> <p>?</p>	<p>FAPAS: Muestra 4 de 4</p>  <p>Pelos recogidos en Valladolid</p> <p>?</p>
---	---	--	--

<p>OMG: Muestra 1 de 4</p>  <p>Hojas de tomate ROMA</p> <p>?</p>	<p>OMG: Muestra 2 de 4</p>  <p>Hojas de tomate RAF</p> <p>?</p>	<p>OMG: Muestra 3 de 4</p>  <p>Hojas de tomate MONTERRAT</p> <p>?</p>	<p>OMG: Muestra 4 de 4</p>  <p>Hojas de tomate FEO DE TUDELA</p> <p>?</p>
---	--	--	--

TARJETAS CON RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS:

<p>CORONAVIRUS: Muestra 1 de 4</p>  <p>Escritorios</p> <table border="1" data-bbox="375 504 438 739"> <tr><td>C</td><td>G</td><td>A</td></tr> <tr><td>T</td><td>U</td><td>C</td></tr> <tr><td>C</td><td>A</td><td>A</td></tr> <tr><td>A</td><td>U</td><td>G</td></tr> <tr><td>A</td><td>U</td><td>T</td></tr> <tr><td>A</td><td>C</td><td>T</td></tr> <tr><td>C</td><td>A</td><td>G</td></tr> <tr><td>G</td><td>G</td><td>A</td></tr> <tr><td>G</td><td>C</td><td>G</td></tr> <tr><td>T</td><td>A</td><td>T</td></tr> <tr><td>C</td><td>U</td><td>T</td></tr> </table>	C	G	A	T	U	C	C	A	A	A	U	G	A	U	T	A	C	T	C	A	G	G	G	A	G	C	G	T	A	T	C	U	T	<p>CORONAVIRUS: Muestra 2 de 4</p>  <p>Pomos de puertas</p> <p>No se ha encontrado material genético</p>	<p>CORONAVIRUS: Muestra 3 de 4</p>  <p>Taquillas</p> <p>No se ha encontrado material genético</p>	<p>CORONAVIRUS: Muestra 4 de 4</p>  <p>Grifos</p> <p>No se ha encontrado material genético</p>																																																							
C	G	A																																																																																									
T	U	C																																																																																									
C	A	A																																																																																									
A	U	G																																																																																									
A	U	T																																																																																									
A	C	T																																																																																									
C	A	G																																																																																									
G	G	A																																																																																									
G	C	G																																																																																									
T	A	T																																																																																									
C	U	T																																																																																									
<p>FRAUDE ALIMENTARIO: Muestra 1 de 4</p>  <p>Hamburguesa ternera</p> <table border="1" data-bbox="375 884 438 1108"> <tr><td>C</td><td>T</td><td>T</td></tr> <tr><td>C</td><td>G</td><td>G</td></tr> <tr><td>A</td><td>G</td><td>C</td></tr> <tr><td>G</td><td>A</td><td>T</td></tr> <tr><td>A</td><td>C</td><td>G</td></tr> <tr><td>T</td><td>A</td><td>A</td></tr> <tr><td>T</td><td>G</td><td>T</td></tr> <tr><td>G</td><td>T</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td>C</td><td>G</td></tr> <tr><td>C</td><td>T</td><td>A</td></tr> <tr><td>A</td><td>G</td><td>C</td></tr> </table>	C	T	T	C	G	G	A	G	C	G	A	T	A	C	G	T	A	A	T	G	T	G	T	C	A	C	G	C	T	A	A	G	C	<p>FRAUDE ALIMENTARIO: Muestra 2 de 4</p>  <p>Hamburguesa pollo</p> <table border="1" data-bbox="678 862 702 1108"> <tr><td>A</td><td>T</td><td>G</td><td>G</td><td>A</td><td>C</td><td>T</td><td>C</td><td>A</td><td>C</td><td>C</td></tr> </table>	A	T	G	G	A	C	T	C	A	C	C	<p>FRAUDE ALIMENTARIO: Muestra 3 de 4</p>  <p>Bocados de pollo</p> <table border="1" data-bbox="957 873 981 1108"> <tr><td>A</td><td>T</td><td>G</td><td>G</td><td>A</td><td>C</td><td>T</td><td>C</td><td>A</td><td>C</td><td>C</td></tr> </table>	A	T	G	G	A	C	T	C	A	C	C	<p>FRAUDE ALIMENTARIO: Muestra 4 de 4</p>  <p>Hamburguesa vegetariana</p> <table border="1" data-bbox="1204 884 1268 1108"> <tr><td>T</td><td>C</td><td>A</td></tr> <tr><td>T</td><td>G</td><td>A</td></tr> <tr><td>A</td><td>C</td><td>T</td></tr> <tr><td>C</td><td>G</td><td>C</td></tr> <tr><td>G</td><td>A</td><td>G</td></tr> <tr><td>G</td><td>T</td><td>A</td></tr> <tr><td>C</td><td>A</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td>G</td><td>A</td></tr> <tr><td>T</td><td>C</td><td>T</td></tr> <tr><td>C</td><td>T</td><td>G</td></tr> <tr><td>T</td><td>A</td><td>C</td></tr> </table>	T	C	A	T	G	A	A	C	T	C	G	C	G	A	G	G	T	A	C	A	C	A	G	A	T	C	T	C	T	G	T	A	C
C	T	T																																																																																									
C	G	G																																																																																									
A	G	C																																																																																									
G	A	T																																																																																									
A	C	G																																																																																									
T	A	A																																																																																									
T	G	T																																																																																									
G	T	C																																																																																									
A	C	G																																																																																									
C	T	A																																																																																									
A	G	C																																																																																									
A	T	G	G	A	C	T	C	A	C	C																																																																																	
A	T	G	G	A	C	T	C	A	C	C																																																																																	
T	C	A																																																																																									
T	G	A																																																																																									
A	C	T																																																																																									
C	G	C																																																																																									
G	A	G																																																																																									
G	T	A																																																																																									
C	A	C																																																																																									
A	G	A																																																																																									
T	C	T																																																																																									
C	T	G																																																																																									
T	A	C																																																																																									
<p>FAPAS: Muestra 1 de 4</p>  <p>Pelos recogidos en Zamora</p>	<p>FAPAS: Muestra 2 de 4</p>  <p>Pelos recogidos en León</p>	<p>FAPAS: Muestra 3 de 4</p>  <p>Pelos recogidos en Salamanca</p>	<p>FAPAS: Muestra 4 de 4</p>  <p>Pelos recogidos en Valladolid</p>																																																																																								
<p>OMG: Muestra 1 de 4</p>  <p>Hojas de tomate ROMA</p> <table border="1" data-bbox="422 1624 446 1848"> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>4</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>6</td></tr> <tr><td>7</td></tr> <tr><td>8</td></tr> <tr><td>9</td></tr> <tr><td>10</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<p>OMG: Muestra 2 de 4</p>  <p>Hojas de tomate RAF</p> <table border="1" data-bbox="686 1624 710 1848"> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>4</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>6</td></tr> <tr><td>7</td></tr> <tr><td>8</td></tr> <tr><td>9</td></tr> <tr><td>10</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<p>OMG: Muestra 3 de 4</p>  <p>Hojas de tomate MONTSERRAT</p> <table border="1" data-bbox="965 1624 989 1848"> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>4</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>6</td></tr> <tr><td>7</td></tr> <tr><td>8</td></tr> <tr><td>9</td></tr> <tr><td>10</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<p>OMG: Muestra 4 de 4</p>  <p>Hojas de tomate FEO DE TUDELA</p> <table border="1" data-bbox="1228 1624 1252 1848"> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>4</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>6</td></tr> <tr><td>7</td></tr> <tr><td>8</td></tr> <tr><td>9</td></tr> <tr><td>10</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																
1																																																																																											
2																																																																																											
3																																																																																											
4																																																																																											
5																																																																																											
6																																																																																											
7																																																																																											
8																																																																																											
9																																																																																											
10																																																																																											
1																																																																																											
2																																																																																											
3																																																																																											
4																																																																																											
5																																																																																											
6																																																																																											
7																																																																																											
8																																																																																											
9																																																																																											
10																																																																																											
1																																																																																											
2																																																																																											
3																																																																																											
4																																																																																											
5																																																																																											
6																																																																																											
7																																																																																											
8																																																																																											
9																																																																																											
10																																																																																											
1																																																																																											
2																																																																																											
3																																																																																											
4																																																																																											
5																																																																																											
6																																																																																											
7																																																																																											
8																																																																																											
9																																																																																											
10																																																																																											

MUESTRAS PATRÓN



VI d) Tarjetas para resolver adaptadas a dislexia.

<p>4? Las mutaciones...</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Se producen al azar con una frecuencia muy alta b) Suponen errores fatales para los individuos que la padecen c) Pueden ser favorables o perjudiciales 	<p>4? ¿Qué se ve afectado por una mutación génica?</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Los aminoácidos b) Los cromosomas c) La secuencia de nucleótidos del DNA d) Las proteínas
--	---

VI e) Tarjetas para resolver de ampliación.

<p>4?</p> <p>Si los resultados de las muestras recogidas en el centro educativo corresponden con la secuencia CCGTCAAATCG, ¿podrías determinar si está libre de Coronavirus? ¿por qué?</p>	<p>4?</p> <p>¿Qué significan las sigas PCR?</p> <p>¿Qué enzimas son necesarias para llevar a cabo una PCR?</p>
---	---

ANEXO VII: Examen tipo test

(Las respuestas correctas del test se encuentran señaladas en azul)

1. La información genética está en:
 - a) los cromosomas
 - b) la membrana nuclear
 - c) los genes
 - d) **la a y la c son ciertas**
2. Los cromosomas sexuales son:
 - a) aquellos que poseen información para buscar pareja
 - b) **aquellos que tienen información para desarrollar los caracteres sexuales**
 - c) aquellos que sólo tienen información para los caracteres externos visibles
3. La expresión génica se compone de las siguientes etapas:
 - a) traducción
 - b) replicación, transcripción y traducción
 - c) **transcripción y traducción**
4. Dónde tiene lugar la replicación:
 - a) **En el núcleo**
 - b) En el citoplasma
 - c) En los ribosomas
5. Dónde tiene lugar la transcripción y qué proceso tiene lugar:
 - a) **En el núcleo y es la etapa en la que se forma el ARN mensajero**
 - b) En el citoplasma y es la etapa en la que se sintetizan los codones
 - c) En los ribosomas y es la etapa en la que se formará la proteína asociada al gen
6. Dónde tiene lugar la traducción y qué proceso tiene lugar:
 - a) En el núcleo y es la etapa en la que se forma el ARN mensajero
 - b) En el citoplasma y es la etapa en la que se sintetizan los codones
 - c) **En los ribosomas y es la etapa en la que se formará la proteína asociada al gen**
7. Si tenemos el ADN molde 3'...TTA GAA TTG AGA TTC GTC...5' señala el segmento de ARNm que lo codificará:
 - a) **5'...AAU CUU AAC UCU AAG CAG...3'**
 - b) 3'...AAU CUU AAC UCU AAG CAG...5'
 - c) 5'...UUA GAA UUG AGA UUC GUC...3'
8. Los cromosomas son:
 - a) partes de la célula que intervienen en el metabolismo
 - b) estructuras que se componen de ARN mensajero
 - c) **estructuras donde se encuentra la información genética**
 - d) proteínas celulares

9. Una mutación es letal cuando

- a) es inocua
- b) es beneficiosa
- c) es dominante
- d) produce la muerte

ANEXO VIII: Noticia “Salvar al bucardo”

Noticia adaptada de El País, 05/06/2019.

"Lo que parecía ciencia ficción se había hecho realidad, se había dado un paso en la ciencia que no se había dado nunca", sentencia el veterinario Alberto Fernández-Arias, el hombre que tuvo en sus manos el primer animal “*desextinguido*” de la historia. “*Desextinguir*” es una palabra que hubo que inventar para definir lo que sucedió aquel 30 de julio de 2003. Un equipo de científicos españoles lograba un hito de verdad histórico: nacía el clon de *Celia*, el último bucardo, que murió en 2000. Con la muerte de *Celia*, una hembra mayor, desaparecía para siempre la mayor subespecie de cabra montés. ¿Para siempre? Gracias a ese hito ya sabemos que no necesariamente. "Se había “*desextinguido*” una especie, durante poco tiempo, pero se había hecho", afirma Fernández-Arias. Estas palabras del veterinario resaltan en el documental “*Salvar*”, que resume con todo detalle la gran aventura humana y científica que fue el intento desesperado de salvar a este animal autóctono.

El bucardo fue *exterminado* por la "persecución implacable" de los cazadores. En 1910, los cazadores ya lo hicieron desaparecer en el lado francés del Pirineo. En el lado español resistió un poco más hasta que en la década de 1980 apenas quedaba un puñado de bucardos descendiendo por una fatídica espiral de consanguinidad.

En el documental, dirigido por el profesor de la Universidad de Zaragoza Pablo, se muestra por completo al abanico de personas de muy distintas disciplinas que luchó —incluso jugándose la vida en aquellas peligrosas montañas— para tratar de salvar al bucardo. Desde mediados de la década de 1990 se intentó contar cuántos quedaban, y cuando se supo que solo quedaban tres hembras vivas se pusieron en marcha todo tipo de ideas para tratar de capturarlas, hibridarlas o al menos conseguir un registro de su ADN. Con innumerables dificultades —que implican gigantescas jaulas-trampa esparcidas con helicópteros por las escarpadas laderas— se logró atrapar a una de estas cabras sin que sufriera lo más mínimo. Pero terminó muriendo a los 10 meses por su avanzada edad y los achaques fruto de la endogamia que sufrieron los últimos animales de su estirpe. Ese mismo año, en 1996, moría la segunda hembra. Ya solo quedaba una: *Celia*. La última de su linaje.

En 1999, *lograron capturarla y tomar muestras de su ADN*, pero poco tiempo después, mientras

trataban de preñarla en libertad con machos de otras subespecies, el radiotransmisor de *Celia* dio la terrible señal, un pitido de muerte: *Celia* había sido aplastada por un árbol vencido por el viento. "Fue un palo tremendo para el proyecto. El fin de una ilusión", recuerda Seijas.

Dos años antes, la en Edimburgo. Clonar animales era posible. Y clonar a *Celia* se convertía en el último recurso, la última opción desesperada de salvar al bucardo. Hoy son innumerables los planes para resucitar especies, desde, mediante clonación y técnicas de ingeniería genética, pero no entonces. "Hay polémica ahora", asegura Fernández-Arias en el documental, "nosotros ni teníamos polémica ni teníamos más opciones". Y se lanzaron a por ello, en un esfuerzo titánico, con el científico José Folch y la ayuda de científicos franceses.

El bucardo era tan desconocido que no se sabía ni su tiempo de gestación. Tras muchas pruebas, ensayo y error puro y duro, dieron con el sistema que haría factible clonar a *Celia*: las madres de alquiler serían cabras híbridas de tipo doméstico y montés. De 786 embriones clonados, se probaron 208 en 57 madres, de las que solo siete llegaron a ser gestantes. Pero una sola llevó el parto a término, ese histórico 30 de julio de 2003. Tras 162 días de gestación se le programó una cesárea para que aquel día fuera el parto, cuya filmación se puede ver por primera vez completa en el documental.

Por desgracia, la cabrita empezó a dar señales alarmantes nada más nacer. Tenía dificultades respiratorias y aunque se intentó todo su destino fatal ya estaba escrito. Una malformación en los pulmones la ahogó sin llegar a cumplir los 10 minutos de vida. Menos de 10 minutos en los que el bucardo, el fantasma de Ordesa, regresó a la vida. La extinción dejaba de ser un acontecimiento definitivo.

Desde entonces, estos, incluso con financiación de la Federación de Caza de Aragón. La caza que acabó con el bucardo se. Sin embargo, no se ha vuelto a conseguir.

Ahora que tenemos a un millón de especies amenazadas de extinción, algunos científicos piensan que si se logra devolverlas a la vida en realidad nunca será exactamente la misma especie. Por genética, por ecosistema, por contexto, por historia, por población, nunca será lo mismo. Pero la triste historia de *Celia* demostró que, al menos, es posible intentarlo.



Una de las escasas fotos de calidad de un bucardo. BEARNRD CLOS PARC NATIONAL DES PYRÉNÉS

TAREA-DISCUSSION

¿Quién era Celia?

¿Qué opinas sobre el uso de la clonación para la “desextinción” de especies?

¿Por qué hay polémica con la clonación? Busca ventajas y desventajas.

¿Qué otros usos conoces de la clonación?

¿Te resultaría interesante ver el documental “Salvar al bucardo”?

ANEXO IX: Material complementario

Material adaptado de la siguiente fuente: <https://www.nobbot.com/futuro/que-es-ingenieria-genetica/>

¿QUÉ ES LA INGENIERÍA GENÉTICA?

La ingeniería genética es una rama del conocimiento que se sustenta sobre la manipulación genética de un organismo. Esta **manipulación** puede consistir en la supresión de cierto **fragmento del genoma**, su modificación, duplicación e incluso sustitución por un fragmento de otro organismo.

Todos los organismos sobre los que se haya aplicado la ingeniería genética se llaman “organismos genéticamente modificados”. En inglés, **OMG**. Pero esto no significa que sean transgénicos. Para que un OMG pertenezca a los transgénicos los genes manipulados han de venir de otro organismo.

¿QUÉ USOS TIENE ACTUALMENTE LA INGENIERÍA GENÉTICA?

¿Te imaginas modificar un insecto para que no transmita el dengue? Esto es lo que se hizo en 2011. El estudio 'Field performance of engineered male mosquitoes' cuenta cómo se modificaron machos de la especie *Aedes aegypti*. Gracias a ello, la población de esta especie se redujo un 80%.

¿Y un arroz con más nutrientes? En el año 2000 una publicación anunciaba lo que en 2005 se conocería como el arroz dorado 2. Este cultivo transgénico fue elaborado con fondos públicos y después su patente fue liberada. Esto quiere decir que cualquier laboratorio capaz puede producirlo.

¿Se pueden reducir los pesticidas con los OMG? También. La variedad de maíz Bt requiere menos pesticidas que otro tipo de maíz. En concreto, un metaanálisis demostró que los cultivos transgénicos requieren un 37% menos de pesticidas que los convencionales. Es decir, los OMG pueden usarse para reducir el impacto ambiental de los cultivos, aunque no son la panacea.

LA TECNOLOGÍA DEL ADN RECOMBINANTE

Pero ¿cómo se hace todo esto? ¿Qué herramientas usa la ingeniería genética para producir un nuevo organismo modificado? La ingeniería genética es toda una rama de la investigación y el conocimiento. Dentro de ella existen algunas tecnologías, como la tecnología del ADN recombinante, que son usadas como herramientas. En este caso particular se aísla y manipula un fragmento de ADN de un organismo para 'recombinarlo' con el de otro organismo diferente.

Quien escribe estas líneas hace uso mensual de un medicamento que utiliza esta técnica. Sin esta técnica, y su difusión gracias al sistema público de salud, tareas tan cotidianas como exponerse con frecuencia a la luz solar o hacer deporte en cualquier medida serían pequeñas odiseas diarias que provocan eccemas e incluso la invalidez.

Por seguir con este ejemplo particular, las vacunas consisten en un "anticuerpo monoclonal humanizado obtenido mediante la tecnología del ADN recombinante, a partir de una línea celular mamífera de ovario de hámster chino (OHC)". Es decir, que se usa parte de un anticuerpo presente en el ratón para combinarlo con anticuerpos humanos. Así se reduce el rechazo.

INGENIERÍA GENÉTICA, CLAVE EN EL DIAGNÓSTICO CLÍNICO

A medida que profundizamos en nuestro conocimiento del genoma, somos más capaces de detectar genes que producen enfermedades. Por ejemplo, ya es posible estudiar el ADN de embriones humanos para cribar defectos congénitos. Esta técnica es usada en fecundación in vitro de modo que los preembriones que se implantan en el útero están, en la medida de lo conocido, libres de enfermedades genéticas como la hemofilia o algunos tipos de cáncer.

La ingeniería genética también está desarrollando fármacos que actúen corrigiendo el defecto genético en personas adultas. Uno de los últimos estudios destacan cómo pacientes afectados por talasemia, tras someterse a terapia génica, reducían su necesidad de transfusiones de sangre en un 73%.

No cabe duda de que toda manipulación genética requiere de un debate ético previo basado en la evidencia científica que permita el diseño de leyes que valoren y protejan las repercusiones de salud fruto de su aplicación. Pero también que las mejoras en edición genética nos han abierto enormes posibilidades de mejora de la tecnología que podemos usar con seguridad.

TAREA 1: TEST

En base a la información de este material complementario y la que se encuentra en el libro de texto, contesta las siguientes preguntas de test:

1. Una enfermedad genética es aquella producida por
 - a) un órgano mal formado
 - b) una alteración en un gen
 - c) una alteración del comportamiento
2. La amniocentesis se basa en
 - a) extracción de sangre
 - b) extracción de tejido fértil
 - c) extracción de líquido amniótico
3. Los productos transgénicos son
 - a) productos vegetales alimentarios
 - b) productos fabricados por seres vivos unicelulares sencillos
 - c) productos fabricados por seres vivos manipulados genéticamente
4. Productos obtenidos por ingeniería genética son
 - a) El pan, la cerveza y antibióticos
 - b) Antibióticos, insulina y hormonas
 - c) Carne, huevos y leche
 - d) Pan, tomate y jamón

TAREA 2: DEBATE

Recopila información sobre puntos las ventajas e inconvenientes de la ingeniería genética.

En clase, al azar, formarás parte de un equipo que bien defenderá o estará en contra de varias o de una aplicación en concreto de las citadas anteriormente.