



Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de
Idiomas.

**Ingeniería Genética y Biotecnología: Aproximación didáctica
para estudiantes de 4º de la ESO.**

Autor: Inés Gómez Rubio

Tutor: Elena Bueno Martínez

RESUMEN.

La Ingeniería Genética y la Biotecnología son disciplinas que integran los contenidos científicos con sus aplicaciones tecnológicas, las cuales provocan una mejora en la calidad de vida de las personas pero no están exentas de controversia social. Es necesario, por lo tanto, conocer estas disciplinas para poder conocer el mundo que nos rodea y juzgar con criterio los avances al respecto, en lo cual, el cuarto y último año de la Educación Secundaria Obligatoria juega un papel fundamental. Los alumnos aprenden estas disciplinas a través de metodologías tradicionales en las que tienen un papel pasivo y poco reflexivo. Esto, sumado a la información poco rigurosa que les llega de los medios de comunicación y al conjunto de mitos latentes en la sociedad que acaban formando sus ideas previas, llevan a unos bajos niveles formativos en ciencias y, más concretamente, en el área de la Biotecnología. A pesar de que ésta ya impregne nuestra vida en el ámbito sanitario, alimentario, industrial, y medioambiental, se sigue enseñando de manera anecdótica y superficial. En este trabajo se investigan las ideas erróneas de un grupo de alumnos de 4º de la ESO tras haber participado en sesiones que tratan los contenidos de la Ingeniería Genética y la Biotecnología impartidos de manera tradicional. Además, se hace una propuesta contextualizada en el mismo centro, en el mismo nivel y en un grupo de alumnos similar, con la que abordar estos contenidos a través de metodologías activas. Con esto se pretende mejorar la enseñanza y aportar recursos y estrategias innovadoras para el abordaje de esta temática. Por último, se realiza una autoevaluación y discusión de las ventajas y limitaciones de la propia propuesta de cara a llevarla a la práctica.

Palabras clave:

Ingeniería Genética – Biotecnología – Unidad Didáctica – Constructivismo – Metodologías activas

ABSTRACT.

Genetic Engineering and Biotechnology are disciplines that integrate scientific contents with their technological applications, which cause an improvement in people's quality of life but are not exempt from social controversy. It is necessary, therefore, to know these disciplines to be able to know the world around us and to be able to judge with criteria the advances in this respect, in which, the fourth and last year of Compulsory Secondary Education plays a fundamental role. Students learn these disciplines through traditional methodologies in which they play a passive and unreflective role. This, added to the lack of rigorous information they receive from the media and the set of latent myths in society that end up shaping their preconceptions, leads to low educational levels in science and, more specifically, in the area of Biotechnology. Despite the fact that biotechnology already permeates our lives in the health, food, industrial and environmental fields, it continues to be taught in an anecdotal and superficial way. This paper investigates the misconceptions of a group of 4th ESO students after having participated in sessions that deal with the contents of Genetic Engineering and Biotechnology taught in a traditional way. In addition, a contextualized proposal is made in the same center, at the same level and in a similar group of students, with which to address these contents through active methodologies. This is intended to improve teaching and provide resources and innovative strategies to address this topic. Finally, there is a self-evaluation and discussion of the advantages and limitations of the proposal itself in order to put it into practice.

Key words: Genetic Engineering – Biotechnology – Didactic Unit – Constructivism – Active methodologies

ÍNDICE.

1. Introducción	1
2. Justificación	1
2.1. Importancia de la Unidad Didáctica	1
2.2. Planteamiento del problema	3
3. Objetivos	10
4. Marco teórico	10
4.1. El modelo educativo: Constructivismo.	10
4.2. La metodología educativa: El Aprendizaje Activo	15
5. Propuesta de Unidad Didáctica: “La información genética”	23
5.1. Marco legislativo	23
5.2. Contextualización	24
5.3. Objetivos	26
5.4. Competencias	28
5.5. Contenidos	31
5.6. Metodología	32
5.7. Actividades	36
5.8. Temporización y secuenciación	50
5.9. Recursos	51
5.10. Evaluación	53
5.11. Atención a la diversidad	56
6. Discusión y Evaluación de la Unidad Didáctica	59
6.1. Evaluación de la propuesta	59
6.2. Discusión de la propuesta	61
7. Conclusiones	61
8. Referencias	63
8.1. Bibliografía	63
8.2. Webgrafía	64
8.3. Legislación	64
9. Anexos	65
9.1. Cuaderno de actividades	
9.2. Guion de la práctica de laboratorio <i>La bacteria come-hongos.</i>	
9.3. Aprendizaje Basado en Problemas <i>Diagnóstico de Covid-19.</i>	
9.4. Rúbrica de Evaluación de la obra de teatro <i>Del laboratorio a la mesa.</i>	
9.5. Escenas y personajes de la obra de teatro <i>Del laboratorio a la mesa.</i>	

1. INTRODUCCIÓN.

La Biotecnología y la Ingeniería Genética, conceptos relacionados, pero no iguales, están cada vez más presentes en la vida cotidiana de todas las personas. Mientras que la biotecnología es el uso de seres vivos (o de sus mecanismos o productos) para la obtención de un beneficio para el ser humano, la ingeniería genética es tan solo una parte de esa biotecnología que, en este caso, se aprovecha de la Genética y trata de modificarla para así obtener los mencionados beneficios. Teniendo esto en cuenta, se lleva haciendo biotecnología desde el año 8000 aC, cuando los agricultores comenzaron a seleccionar las semillas de aquellas plantas que tenían mejores rendimientos. Posteriormente, se comenzaron a cruzar plantas de la misma especie o de especies diferentes para crear variedades con propiedades óptimas, e incluso se comenzó a inducir mutaciones para aumentar aún más la diversidad genética de los productos alimenticios. Pero la verdadera revolución biotecnológica llega en la década de los 1980, cuando, después del descubrimiento de la estructura de los ácidos nucleicos que forman los genes y de su funcionamiento, surgió la ingeniería genética. Este avance pretendía modificar la información genética que portan los seres vivos para elegir, crear, e introducir las características genéticas más interesantes. Como consecuencia de esto, surgieron los cultivos transgénicos, pero sus aplicaciones no sólo se quedan en la agricultura, sino que esta tecnología también ha tenido un gran impacto por ejemplo en el campo de la medicina. En 2003 se finalizó el Proyecto Genoma Humano, de carácter internacional mundial, que pretendía la secuenciación (orden de las bases en el ADN y ubicación de todos los genes en los cromosomas que conforman el genoma de un ser humano), y que abría las puertas a nuevas concepciones de la medicina, en especial a nuevos posibles tratamientos de las enfermedades de origen genético y hereditario. Estos avances no han estado exentos de polémica en relación a técnicas como la clonación (en especial la reproductiva) y en cuanto a sus aplicaciones (de Malajovich, M.A., 2006) En ocasiones los intereses productivos de las industrias chocan con los intereses sociales y los ecológicos del planeta. Desde la asignatura de Biología y Geología (ByG) se deben promover los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que deben aunar el bienestar económico, ecológico, y social. Si alguno de estos tres pilares falla, los avances biotecnológicos dejan de ser sostenibles, pero, en ocasiones, el cuidado de uno de ellos compromete alguno de los otros dos, siendo este conflicto de intereses lo que lleva a la controversia en biotecnología. Una de las ramas de la biotecnología y de la ingeniería genética, y en ocasiones la que pasa más desapercibida, es la gris, la que promueve el cuidado y la recuperación del planeta de los daños causados por el ser humano. De estos avances surge el concepto de la biorremediación, trayendo esperanza al planeta y al ser humano en asuntos como la recuperación de los ecosistemas o la producción de energía renovable de manera sostenible. Es por ello que, desde una visión progresista y esperanzadora de la ciencia, pero crítica a su vez, se realiza el presente trabajo con el fin de arrojar luz sobre los mitos e ideas previas de los alumnos; y también para promover un aprendizaje significativo sobre estos contenidos en el último curso de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), mediante una propuesta de Unidad Didáctica (UD) basada en el modelo constructivista y las metodologías activas.

2. JUSTIFICACIÓN.

2.1. Importancia de la Unidad Didáctica.

En este trabajo se propone una UD para realizar una aproximación de la Biotecnología y la Ingeniería Genética al curso de 4º de la ES O en la asignatura de ByG. En esta asignatura, en 1º de

la ESO, los contenidos se centran en aspectos más relacionados con la biodiversidad, los ecosistemas, y lo medioambiental en lo que concierne a la parte de la Biología. En 3º, el temario gira en torno a la promoción de la salud, con contenidos más orientados a la fisiología humana y su cuidado. Es en el último curso de la ESO (4º), donde se introducen por primera vez conceptos de bioquímica y biología molecular, tratándose de los más complejos de los vistos hasta el momento.

Siendo esta asignatura de carácter voluntario en el nivel al que se aplica (existe el 4º de letras/CCSS, y el 4º de ciencias/tecnología), es más fácil que en otros cursos que los alumnos estén interesados en ella y que busquen encauzar su futuro profesional en esta rama. Otra ventaja que tiene el estudio de la biotecnología es que integra ramas muy variadas de las ciencias, entre las que se incluyen entre otras la biología molecular, la tecnología, la ingeniería, la genética, la química, la fisiología de todos los seres vivos, las ciencias medioambientales, la farmacología... E incluso integra también conocimientos de economía, legislación, y ética. Es la ciencia de la aplicación técnica y útil de los conocimientos biológicos para el beneficio social. Debido a que abarca campos tan amplios del conocimiento, es a la vez compleja, pero intrínsecamente interesante, coincidiendo con una de las UD que suelen gustar más en 4º de la ESO. Esto dota al docente de una versatilidad enorme a la hora de impartirla, pero requiere un especial cuidado a la hora de no transmitir sus propias ideas sino propiciar el pensamiento crítico de cada uno de los alumnos. Esto es debido a las grandes controversias e implicaciones (ecológicas, sociales, legislativas, éticas, y sanitarias) que tiene esta disciplina.

Se han enmarcado estos contenidos junto con el estudio de los mecanismos de la expresión genética y de las mutaciones, ya que una previa comprensión de estos es absolutamente necesaria. Se ha de partir de la base bioquímica de la expresión genética y de un profundo entendimiento de su significado (un gen – una proteína – una función), para así poder concebir su modificación, cómo se realiza, y para qué sirve. En este sentido las actividades integradoras y aplicadas que se trabajan como Aprendizaje Basado en Problemas cobran especial relevancia, exponiéndose una de ellas en la propuesta de UD de este trabajo. Previamente al estudio de esta UD deben haberse comprendido la célula y sus compartimentos, así como su ciclo. Conocer la estructura química del ADN (aunque también del ARN y de las proteínas) es de vital importancia para conocer cómo se replica, cómo se hereda, y cómo las células son capaces de completar su ciclo vital. Una vez habiendo aprendido estos contenidos, se propone la UD de este trabajo, para posteriormente hablar de la herencia de los genes y de los caracteres, indispensable para comprender verdaderamente *La evolución de la vida en la Tierra* (nombre del Bloque al que pertenecen estas UD).

Cuarto de la ESO es un curso definitorio del futuro de los educandos al tratarse del último obligatorio y que marcará las decisiones de seguir (o no) con los estudios en ciencias y tecnología. El siguiente año muchos de ellos pasarán a 1º de Bachillerato en la rama de ciencias, muchos escogiendo la opción que tenga la asignatura de ByG. Los contenidos marcados por el currículo oficial de 4º de la ESO relacionados con la genética tanto molecular como mendeliana, asientan las bases para su profundización en 2º de Bachillerato, cuyos contenidos están orientados a la rama de la biología fundamental.

Por otro lado, está ocurriendo un auge en este ámbito laboral, especialmente en las ciencias biomédicas y en la informática, siendo el sector sanitario el que más creció en cuanto a oferta de empleo entre los años 2019 y 2021, quizá fruto de la crisis sanitaria de la Covid-19 que se ha vivido, y fruto del auge, como se ha venido mencionando, de los avances en biotecnología

aplicados a la medicina (MITES, 2021). La industria farmacéutica y biotecnológica busca nuevos perfiles profesionales que no han existido hasta ahora, lo que provoca que ocurra en paralelo el aumento de la oferta de plazas en Grados universitarios de nueva creación durante la última década que estudian materias afines, tales como: Bioquímica, Biotecnología, Bioingeniería, Bioinformática, Ingeniería Biomeédica, Genética, Ciencia y tecnología de los alimentos (entre otras), y el que se ha inaugurado en el presente curso (2021-2022) en la Universidad de Valladolid: Biomedicina y terapias avanzadas (UVa, 2019). Coincide, además, con que la Facultad en la que se imparte es la de Medicina, que se sitúa en las inmediaciones del colegio donde se contextualiza la UD de este trabajo.

Pero conocer cómo funciona la biotecnología y la ingeniería genética no es sólo de utilidad para aquellos alumnos que quieran destinar su futuro profesional a este sector, ya que ambas (y es lo que se pretende mostrar con esta UD) están presentes en el día a día de las personas: en los alimentos, en los fármacos, en los detergentes... ya que son herramientas que han llegado para quedarse y mejorar la calidad de vida de los seres humanos. Es nuestro derecho y responsabilidad informarnos sobre sus procesos de fabricación y de qué leyes científicas se derivan. En este sentido es el deber de los profesores de la rama de las ciencias el enseñar y educar a las nuevas generaciones en materia de estos avances biotecnológicos. Los alumnos serán partícipes en esta propuesta de diversos proyectos y dinámicas en las que trabajarán cooperativamente para obtener un producto biotecnológico concreto (un anti-fúngico, insulina, biocombustible, maíz Bt, etc.).

2.2. Planteamiento del problema.

El problema de la Biotecnología en la sociedad.

A pesar de que la biotecnología forma parte de nuestra vida cotidiana, la mayoría de la población no entiende verdaderamente algunos conceptos como el de ingeniería genética, alimentos transgénicos, terapia génica, secuenciación génica, células madre, clonación... Con la llegada de la pandemia de Covid-19, se empezaron a escuchar más algunos términos como el de vacunas de ARN, PCR, ensayos clínicos... pero debido a la desinformación causada por los medios de comunicación de masas, muchas veces lo que se entiende por estos términos no se corresponde con lo que son en la realidad. Siguiendo el ejemplo propuesto, las vacunas de ARN se conciben como algo capaz de modificar la genética de los seres humanos, las PCR se conciben de manera simplificada sin atender al proceso y trabajo que conllevan en el laboratorio y sus aplicaciones más allá de la del diagnóstico clínico, y los ensayos clínicos se entienden (con sus implicaciones bioéticas negativas) como “experimentación con seres humanos”, obviando las legislaciones y normas que tienen que cumplir para poder llevarse a cabo. Sin embargo, la biotecnología moderna ha hecho que podamos ir, poco a poco, superando esta crisis sanitaria global. En un mundo tan cambiante y ante las amenazas biológicas que, como se ha visto, pueden presentarse; es necesario conocer cómo funciona la biología más fundamental y cómo sacarle todo el partido posible (Soutullo D., 2004).

La sociedad tiene una tendencia a aceptar o rechazar incondicional y acríticamente el uso de la biotecnología y de la ingeniería genética. Los factores que forman estas percepciones y opiniones públicas son:

- La desinformación: compuesta por las *fake news*, las interpretaciones erróneas de la información, y los intereses de los grupos de influencia.

- Los formadores de opinión: medios de comunicación, *influencers* y celebridades, la comunidad científica, y las instituciones públicas y privadas.
- Los factores socio-culturales y psicológicos inherentes al ser humano: la desconfianza en las nuevas (y desconocidas) tecnologías, y su percepción de riesgo.
- Las tendencias en la sociedad moderna: la nostalgia por lo “natural”, la aparición de la llamada “soberanía alimentaria”, la “deshumanización” que provoca la ciencia, el consumo de alimentos orgánicos o “bio”.

En 2001 hubo una gran polémica con el maíz Bt (transgénico), alimentada por el gran formador de opinión *Greenpeace* (entre otros), que junto con la opinión pública en la mayor parte de Europa, en parte influenciada por los estragos de la ideología eugenésica de la Alemania nazi de la Segunda Guerra Mundial, provocaron un gran rechazo a la Ingeniería Genética. Por estos motivos aún sigue sin permitirse el cultivo (aunque sí la importación) de plantas transgénicas en los países de la UE, siendo España y Portugal los únicos cultivadores (SEBIOT).

En el Eurobarómetro sobre Biotecnología realizado en 2005 se observó que los ciudadanos europeos recibían mejor la ingeniería genética aplicada a mejorar la salud de las personas, pero recibían peor los relacionados con el cultivo de transgénicos, debido a la percepción de riesgos para la salud y para el medio ambiente. El Eurobarómetro de 2010 demostraba que la biotecnología cuenta con un apoyo popular generalizado, pero también una falta de formación en los contenidos relacionados con ella. En general los ciudadanos europeos piensan que “todas las decisiones sobre biotecnología han de contar con una base científica sólida y tener en cuenta debidamente los factores éticos, sanitarios, y ambientales; y no se debe actuar por guiados emocionales o consideraciones comerciales a corto plazo”.

En este trabajo, se propone la enseñanza de la biotecnología y de la ingeniería genética de una manera que trascienda a los meros contenidos científicos, pues de nada sirve que los alumnos los aprendan si los medios de comunicación de masas (muchas veces más influyente que las propias instituciones educativas) contradicen la información que se les da. En este sentido, se debe mostrar la controversia, tanto los beneficios de las aplicaciones de la biotecnología como sus implicaciones negativas, con el fin de promover un pensamiento crítico informado. Por otro lado, es importante no caer en un sesgo de generalidad al hablar de la Biotecnología como algo problemático o como un asunto controvertido, pues lo que los datos cuentan no es más que la existencia de una diversidad de técnicas y desarrollos de tipo biotecnológico, de las cuales algunas aplicaciones han resultado controvertidas (Mirón, Cabo, Cortiñas, 2007).

El problema de la Biotecnología en la educación.

Sumado a los problemas mencionados, se encuentra la falta de formación del profesorado de ByG en este tema. Una formación continua en el avance de las nuevas tecnologías en materia de la Biología, así como sus legislaciones y controversias sociales, es imprescindible para los profesores; que deben transmitir a los alumnos una información al respecto lo más completa y actualizada posible. Por otro lado, los profesores, como miembros de la sociedad, tampoco están exentos de prejuicios, pudiendo a su vez condicionar el aprendizaje. Esta falta de formación puede provocar que se pasen “por encima” estos contenidos, siendo explicados de manera superficial.

Pero este problema no es solo de los profesores, sino también de cómo en ocasiones se estructuran los libros, que tratan la Biotecnología y la Ingeniería Genética como unas “páginas extra” o como

contenido de ampliación en la UD de genética molecular, haciendo que el conocimiento de estos contenidos no llegue profundamente a todos los alumnos. Además, las imágenes que presentan cumplen una función meramente decorativa y muchas veces las actividades no se corresponden con la información desarrollada en el texto. Sin embargo, los docentes no utilizan el libro de texto como metodología principal de enseñanza de estos contenidos, aunque sí la metodología tradicional expositiva. La indagación bibliográfica es la forma predilecta de enseñanza, pero se acompaña poco con una puesta en práctica en el laboratorio (Occelli M., 2013). El campo de estudio de la Biotecnología es amplio, y en el currículo oficial de CyL sus contenidos vienen expuestos de una manera algo caótica³, haciéndose difícil para el profesor concretarlos y ordenarlos.

Otro problema de esta temática es que no se acerca a la realidad cotidiana de los alumnos, que terminan concibiéndola como una serie de beneficios potenciales de la investigación en genética molecular pero no como herramientas reales que se utilizan para producir artículos de su día a día. Esto, sumado a una concepción pasiva del aprendizaje en ciencia propiciado por unas metodologías que no los tienen en cuenta y que no promueven su motivación, desemboca en un descenso del rendimiento académico en España en materia científica según el informe PISA de 2018.

Experiencia personal y trabajo experimental.

Durante mi estancia como profesora de prácticas en el colegio Safa-Grial, en el aula de 4º A de ciencias, donde ya se había impartido la UD que se trata en este trabajo, se realizaron algunas observaciones. Se aplicó una clase de repaso y ampliación de los contenidos, que habían sido expuestos siguiendo el libro de texto *Edelvives: Biología y Geología Para Que Las Cosas Ocurran*. En ella se trató de ampliar la visión de las aplicaciones de la Ingeniería Genética sobre todo en el campo de la medicina, y también se introdujeron algunas técnicas y datos actualizados que no se mencionaban en el texto, como CRISPR-Cas9 por un lado, y la medicina personalizada por otro. Además, se mostró en el aula la portada de la revista *Science: Filling the gaps* (Nurk S. et al. 2022), para mostrar los últimos avances en el campo de la secuenciación del Genoma Humano. La respuesta de los alumnos, a pesar de ser un grupo poco participativo en líneas generales, fue bastante positiva. Mostraron atención y curiosidad y me preguntaron dudas sobre el tema. En la realización de alguna de estas preguntas pude constatar la presencia de algunas ideas previas relacionadas con la Ingeniería Genética que no habían quedado resueltas tras la enseñanza de la UD por parte del profesor habitual. Algunas de ellas fueron las siguientes:

- Si la biotecnología es tan buena, ¿por qué no se utiliza?
- Si las mutaciones es lo que causa la evolución, si yo tengo una mutación, ¿ya me convierto en una especie diferente?
- O sea que conocer la ingeniería genética para lo que sirve es para curar enfermedades genéticas, ¿no?
- ¿Qué tienen que ver las proteínas que se forman a partir de los genes con que un ser vivo tenga una característica u otra?

Con posterioridad a mi estancia, se realizó a esa misma clase un cuestionario cuyo contenido se corresponde con algunas de las ideas previas que habitualmente tienen los alumnos de su edad (Estébanez JM., 2014). El cuestionario (de unos 10 minutos de duración) fue realizado con la colaboración de mi tutor de prácticas, que lo entregó para su realización durante una clase de Tutoría. Contestaron un total de 24 alumnos de entre 15 y 16 años de manera anónima 2 meses y medio después de haberse impartido la UD de Genética Molecular. A continuación se muestran las

preguntas que se propusieron junto con los resultados cuantificados generales de la clase, y una breve discusión de los mismos. Las respuestas correctas a cada pregunta se señalan en **negrita**, y el número de alumnos que señaló cada respuesta se expresa con un número al lado de la misma.

Preguntas test de contenidos.

¿Qué es un gen?	
a. La unidad de información en un locus del ADN que codifica un producto génico y que se puede heredar.	18
b. Una secuencia de nucleótidos que codifica cualquier característica de nuestro cuerpo o de nuestra personalidad.	3
c. Cada una de las moléculas que almacenan nuestra información genética.	3

El 75% de los alumnos muestran una comprensión correcta del concepto de gen.

Subraya quién tiene genes:	
a. Gato	23
b. Humano	24
c. Esponja	11
d. Mosquito	21
e. Piedra	0
f. Trigo	8
g. Champiñón	10
h. Grano de polen	3
i. Virus	13
j. Agua	0
k. Bacteria	19
l. Lechuga	7

Si bien ningún alumno señaló la piedra y el agua como portadores de información genética (los únicos del ejercicio que no la poseen), hay una diversidad de respuestas en cuanto a la posesión de la misma en el resto de elementos. Todos los alumnos conocen que el ser humano posee genes, y todos excepto uno que los gatos (único mamífero que hay en el ejercicio además del ser humano) también. El mosquito y la bacteria son también ampliamente marcados como respuesta. Aproximadamente la mitad de los alumnos identifican los virus como portadores de genes. Sin embargo, destaca que menos de la mitad de los estudiantes han identificado a la esponja, el trigo, el champiñón, el grano de polen, y la lechuga como poseedores de genes. Si bien es relativamente entendible que puedan dudar sobre los virus o los granos de polen (este último recibiendo únicamente un 12.5% de respuestas correctas), son destacables las escasas respuestas (el 30%) que identifican a las plantas presentes en el ejercicio (la lechuga y el trigo) como seres vivos que portan información genética. Esto puede ser debido al efecto *Plant Blindness* (Marcos-Walias J., cap. 110).

Las mutaciones son:	
9.6. Beneficiosas	1
9.7. Neutras	1
9.8. Maliciosas	1
9.9. Depende	21

Un 87,5% de los alumnos contestó correctamente que el efecto de las mutaciones sobre los seres vivos puede ser beneficioso, malicioso o neutro dependiendo del caso.

¿Qué son los transgénicos?	
a. Organismos a los que se les han añadido genes de otra especie.	6
b. Organismos a los que se les inhibe o potencia la expresión de uno de sus genes.	5
c. Ambas son correctas.	13

Como ocurre frecuentemente en la sociedad, existe una confusión entre el término “organismo modificado genéticamente” (OMG) y el término “transgénico”, que se pretende resolver con la UD de este trabajo. La mayoría de las respuestas señalan como verdadera la opción que se correspondería si se les hubiera preguntado por OMG. Sólo un 25% de la clase definió transgénico de manera correcta.

¿En qué consisten las vacunas de ARN?	
a. En la introducción de un fragmento de ARN que modifica nuestros genes para que seamos resistentes a una enfermedad.	3
b. En la introducción de un fragmento de ARN que ayude al sistema inmunitario a identificar al agente patógeno de una enfermedad.	12
c. En la introducción de un fragmento de ARN que dé lugar a una proteína que sea capaz de destruir a un agente patógeno.	9

Esta pregunta se formuló para averiguar cómo la difusión de la información sobre la vacuna contra la Covid-19 (una de las primeras realizadas con el ARN como principio activo), ha calado en los alumnos de la ESO. Sin embargo es una pregunta de gran complejidad que no está contemplada en el currículo a su nivel y que no tendrían por qué saber. A pesar de ello, la mitad de los alumnos conocían el mecanismo de este tipo de vacunas, por lo que se deduce que se ha realizado una divulgación científica por parte de los medios de comunicación de masas más o menos efectiva en cuanto a su rigurosidad. Por su parte, desde el movimiento *anti-vacunas*, uno de sus argumentos ha sido que las vacunas contra la Covid-19 modificaban la genética humana. Por los datos recogidos, estas ideas no han sido influyentes en los alumnos del estudio (sólo un 12.5% de ellos la ha marcado como respuesta correcta).

Si realizáramos un clon de una persona, el resultado sería:	
a. Una persona idéntica a la inicial, con la misma edad, el mismo cuerpo, y la misma personalidad.	1
b. Algo parecido a un gemelo univitelino de esa persona.	14
c. Es técnicamente imposible realizar un clon de una persona.	9

Más de la mitad de los alumnos identifican que el resultado de la clonación de un individuo sería la producción de otro genéticamente idéntico. En ocasiones las películas dan una visión distorsionada de lo que sería el resultado de la clonación reproductiva en humanos, como en la película de *La Isla* (por Michael Bay), en la que los clones producidos nacen con el mismo cuerpo y la misma edad, y son producidos en máquinas incubadoras. Sin embargo sólo 1 alumno marcó esta respuesta como correcta. Un 37.5% de los alumnos no cree a la biotecnología moderna técnicamente capaz de producir clones de seres humanos completos.

Preguntas de opinión.

¿Crees que los avances en Ingeniería Genética y Biotecnología son beneficiosos para las personas?		¿Crees que los avances en Ingeniería Genética y Biotecnología son peligrosos para las personas?	
a. Muy beneficiosos	9	e. Muy peligrosos	3
b. Bastante beneficiosos	14	f. Bastante peligrosos	4
c. Poco beneficiosos	1	g. Poco peligrosos	13
d. Nada beneficiosos	0	h. Nada peligrosos	4

En cuanto a las implicaciones de la ingeniería genética y la biotecnología, los alumnos las ven en general como avances bastante beneficiosos y poco peligrosos para las personas. En cuanto a sus beneficios, todos menos uno de los alumnos las consideran herramientas bastante o muy beneficiosas, mientras que la percepción de sus riesgos es más variable. La mayoría de ellos las

considera poco o nada peligrosas, pero un significativo 30% las considera bastante o muy peligrosas para las personas.

Indica si estás de acuerdo con la aplicación de la Ingeniería Genética en:	
a. Células de plantas	23
b. Células de animales	13
c. Células humanas	14
d. Células de embriones humanos	13
e. Bacterias	21

Casi la totalidad de los alumnos ven con buenos ojos la aplicación de las técnicas de Ingeniería Genética en células vegetales. A este dato le sigue el de la modificación genética en bacterias, con la que también están en general bastante de acuerdo. Reduciendo bastante este número de respuestas positivas respecto a la aplicación de estas tecnologías, no llega al 60% los alumnos que las aplicarían a células de animales, células humanas, o células de embriones humanos. Destaca que se está más en contra de la modificación genética en embriones humanos y animales, que en seres humanos adultos. Esto indica que existe una gran preocupación por la seguridad de los animales y empatía de los alumnos hacia ellos. Por otro lado, la modificación de embriones humanos puede chocar contra algunas ideas religiosas o éticas, y de ahí esta reducción de respuestas positivas. Quizás la terapia génica sólo se asocia a la modificación de genes en adultos, y se obvia la terapia celular a partir de células embrionarias.

Preguntas de Verdadero/Falso.

Afirmación	V	F
Todas las células de nuestro organismo excepto los gametos tienen los mismos genes.	7	17
Cuanta más cantidad de material genético tiene un organismo más complejo es.	10	13
La expresión de los genes está influenciada por el medio ambiente.	17	7
Un alimento natural siempre es más sano que uno transgénico.	15	9
Gracias a la ingeniería genética podemos modificar las características físicas y mentales que queramos en nuestros hijos, así como elegir su sexo	8	15
La radiactividad puede provocar mutaciones físicas en una persona, que posteriormente son transmitidas a sus descendientes.	19	5
Los cultivos transgénicos tienen modificaciones en su genoma, pero los cultivos convencionales no.	10	13
La ingeniería genética es un fenómeno completamente nuevo que está aún en estudio para poder ser aplicado en un futuro.	17	7
La biotecnología puede ser beneficiosa para los ecosistemas.	17	5
Una PCR consiste en introducir un hisopo (palito) por la nariz para detectar si tienes Covid-19.	7	17

Se muestran las 10 afirmaciones de pregunta tipo V/F que se realizó al alumnado. Las 6 sombreadas en amarillo son aquellas en las que la mayoría marcó la respuesta correcta, y las 4 sombreadas en rosa son en las que la mayoría contestó erróneamente. Las casillas de V/F se han sombreado de verde para indicar la respuesta correcta, y de rojo para indicar la respuesta incorrecta. Hay un gran porcentaje de acierto (mayor al 60%) en las afirmaciones referidas a la influencia del medio ambiente en la expresión génica, a la no sobrevaloración de la ingeniería genética, al papel beneficioso de la biotecnología en los ecosistemas, y a la definición de PCR. Sin embargo hay un porcentaje relativamente igualado entre aciertos y errores en las afirmaciones relativas a la relación entre la cantidad de ADN y complejidad de un organismo, y a la existencia de mutaciones espontáneas en los cultivos naturales. Por otro lado, aquellas afirmaciones con una mayoría de respuestas erróneas, cuentan con un porcentaje de error bastante marcado (en todas es mayor al

60%). Estas son las referidas a la igualdad genética entre células del mismo individuo, a la percepción de peor salubridad de los cultivos transgénicos frente a los orgánicos, a la aplicación actual de las técnicas de ingeniería genética, y a la transferencia hereditaria de las mutaciones adquiridas. En concreto esta última destaca con un porcentaje de error de casi el 80%.

Si bien los fallos cometidos en el cuestionario pueden deberse a un quizás mejorable planteamiento de los enunciados por parte del investigador, muestran la existencia de algunas ideas previas aún presentes en los alumnos a pesar de haberse impartido la UD que trata el tema de la Información Genética con anterioridad a la realización del cuestionario. De los datos recogidos se pueden extraer las siguientes ideas previas no confrontadas, de los alumnos pertenecientes a la muestra de estudio:

- Los animales, los virus y las bacterias tienen genes, pero los hongos y las plantas no.
- Un organismo transgénico es aquel al que se le ha practicado cualquier modificación en sus genes.
- Las células de un mismo organismo contienen diferente información genética.
- Un alimento natural es siempre más sano que uno transgénico.
- Las mutaciones adquiridas son transmisibles a la descendencia.
- La ingeniería genética no se utiliza en la actualidad.

Las opiniones de los alumnos participantes en el estudio respecto a la temática de este trabajo según los datos recogidos son las siguientes:

- Los avances en ingeniería genética y biotecnología son bastante beneficiosos y poco peligrosos para las personas.
- La aplicación de las técnicas de la ingeniería genética es aceptable en todos los tipos celulares, pero especialmente en células vegetales y bacterianas.

Resulta algo contradictorio, en la observación de estos datos, que a pesar de la creencia popular entre estos alumnos de que las plantas (en concreto plantas que se consumen como alimento) no tienen genes, con que posteriormente hablen sin problema de cultivos transgénicos. También contrasta la gran aceptación de la aplicación de ingeniería genética en células vegetales, y la creencia de que estos avances son bastante o muy beneficiosos para las personas; con la afirmación de la sentencia “Un alimento natural es siempre más sano que uno transgénico”. De estos datos se puede deducir también que no entienden el alcance de una mutación (con tendencia a sobrestimarlo) ni sus características. El hecho de que sepan que el ambiente modifica la expresión genética pero que piensen que las células de un mismo organismo tienen diferentes genes puede ser símbolo de una confusión entre “genes que se poseen” y “genes que se expresan”. Esto, sumado a la creencia errónea de que las mutaciones adquiridas se heredan; puede desembocar o ser símbolo de concepciones *lamarckianas* de la evolución.

A pesar de haber estudiado la UD de la información genética, los alumnos de la muestra aún poseen conceptos erróneos e ideas previas no confrontadas, signo de un aprendizaje poco significativo. Esto pone de manifiesto la necesidad de encontrar nuevas estrategias metodológicas de carácter activo que suplan estas carencias. En este trabajo se realizará un análisis del modelo constructivista y de las metodologías activas, para ser aplicado mediante una propuesta de UD con la misma temática, a un aula similar de 4º de la ESO contextualizada en el mismo colegio.

3. OBJETIVOS.

El objetivo general de este Trabajo de Fin de Máster es proponer una Unidad Didáctica (UD) que aborde los contenidos de ingeniería genética y biotecnología en 4º de la ESO mediante metodologías activas para que los alumnos construyan el conocimiento a partir de unas ideas previamente detectadas. Los objetivos específicos se listan a continuación:

- **Analizar** el papel y la importancia de la ingeniería genética y de la biotecnología en la sociedad.
- **Plantear** los problemas de la educación alrededor de la Ingeniería genética y de la biotecnología.
- **Determinar** las ideas previas no confrontadas de un grupo de estudiantes de 4º de la ESO.
- **Investigar** los beneficios del modelo constructivista y las metodologías activas en la educación.
- **Enmarcar** los contenidos sobre la biotecnología en un centro, aula, y nivel de la ESO determinados.
- **Proponer** una UD que trabaje el tema de la información genética para reconstruir las ideas previas detectadas.
- **Propiciar** un aprendizaje significativo de las ciencias.
- **Explorar** una variedad de metodologías que favorezcan la inclusión de todos los alumnos en el aula.
- **Valorar** los recursos materiales, espaciales, y temporales necesarios para llevar a cabo la propuesta.
- **Diseñar** actividades que favorezcan un aprendizaje competencial.
- **Evaluar** de forma continua y formativa.
- **Crear** materiales didácticos y de evaluación para poder llevar a la práctica la propuesta.
- **Discutir** las ventajas y las desventajas de la propuesta.

4. MARCO TEÓRICO.

4.1. El modelo educativo: CONSTRUCTIVISMO.

Un modelo educativo consiste en una síntesis de teorías y enfoques pedagógicos que marcan las bases para la organización del proceso educativo. Es muy importante su elección ya que va a repercutir en el tipo de aprendizaje que va a desarrollar el alumno (no solo a nivel de la adquisición de los conocimientos, sino a nivel de las emociones que se desarrollen hacia unos contenidos en concreto). Existen varios modelos educativos, que ordenados de menor a mayor consideración del alumno, serían los siguientes:

- **El modelo tradicional:** Transmisión de conocimientos del docente al estudiante (aprendizaje receptivo).
- **El descubrimiento guiado o autónomo:** Construcción espontánea del conocimiento por parte del alumno en el contexto de la actividad sensomotriz dirigida o autónoma (aprendizaje por descubrimiento).

- **El modelo constructivista:** Construcción del conocimiento por parte del alumno en el contexto de la interacción con el docente y sus compañeros en el que se favorece tanto la actividad mental como la actividad sensomotriz (aprendizaje significativo).

En este trabajo se va a ahondar en las características y ventajas de este último, ya que es a partir de este enfoque pedagógico desde el que se trabajará en la UD posteriormente propuesta.

Origen filosófico.

La teoría del constructivismo comienza a gestarse desde los presocráticos. Es de relevancia el “pienso, luego existo” de Descartes, que comienza a asociar el pensamiento con la actividad. Es Kant (1724-1804) posteriormente, con su “Crítica a la razón pura”, el autor que se distancia tanto del racionalismo puro como del empirismo. La pura experiencia no puede marcar la universalidad y veracidad de los juicios, pues son necesarias estructuras mentales en principio innatas, para validar y organizar el conocimiento a partir de la experiencia. Estas capacidades mentales permiten además que la experiencia no invada nuestro pensamiento, sino que se asocie sólo a las estructuras que nos interesan¹⁵. Por su parte, Heisenberg en 2015 enunció su “principio de incertidumbre”, desde el área de la química-física, que podía encuadrarse en las ideas constructivistas de que la ciencia depende del observador (Granja D.O., 2015).

Fundamentos epistemológicos.

La teoría epistemológica del constructivismo rompe con la concepción positivista de la era moderna de una ciencia cerrada, universal, externa, estable, singular, y objetivamente cognoscible (Niemeyer y Mahoney, 1998). Así, Jean Piaget dota a la ciencia de un carácter limitado, relativo, y producto de realidades diversas (aunque no debe interpretarse como un “todo está permitido” o “todo funciona”). Según Segal, 1986: “La **ciencia** no descubre realidades ya hechas sino que construye, crea, e inventa escenarios; de esta forma intenta dar sentido a lo que ocurre en el mundo, en la sociedad, y en las personas”. Piaget concibe el **conocimiento** como “El resultado de la interacción entre el sujeto y la realidad en la que se desenvuelve, de manera que el individuo, al actuar sobre la realidad, va construyendo las propiedades de ésta y al mismo tiempo estructurando su propia mente”. Como el conocimiento es una construcción del ser humano, cada persona percibe la realidad y la organiza gracias a su sistema nervioso central, lo que contribuye a la edificación de un todo coherente que da sentido y unicidad a la realidad (Araya V., 2007). “El **aprendizaje** es el desarrollo armónico e integral de las capacidades intelectuales, psicomotoras, aptitudinales, y actitudinales del ser humano” (Pulgar, 2005). En este sentido los componentes del aprendizaje serían el desarrollo (la consecución de una creciente madurez mental), el proceso (pasos concatenados diseñados intencionalmente para adquirir un conocimiento), el cambio (como forma de adaptación duradera al medio), y el resultado (que será variable en función del contexto del individuo) (Granja D.O., 2015).

Fundamentos psicológicos.

El psicólogo Jean Piaget es el máximo referente del constructivismo por su Teoría del desarrollo cognitivo (Saldarriaga-Zambrano P.J., 2016). El ser humano es capaz de adquirir un nuevo conocimiento cuando es capaz de integrarlo con alguna experiencia o esquema previo, y sólo así es capaz de construir la realidad. Las características psicogenéticas del sujeto permiten construir el objeto. Éstas van desarrollándose y madurando durante la niñez hasta la última etapa, que comienza

aproximadamente a los 12 años (edad a la que suele comenzarse la ESO). Este desarrollo cognoscitivo, que es producto de 4 factores (la maduración biológica, la experiencia personal, la transmisión social, y el factor de equilibración*), tiene las siguientes características:

- Está formado por 4 etapas: La sensorio-motriz, la preoperatoria de las operaciones concretas, la esquemática de las operaciones concretas, y la de las operaciones formales.
- Secuencialidad: Las etapas siguen una secuencia constante y no se puede retornar a una etapa cognoscitiva anterior. No pueden existir saltos entre etapas, pero sí se puede acelerar (o retardar) el paso de una a otra dependiendo de factores contextuales.
- Integración: La etapa cognoscitiva posterior es siempre más compleja, más amplia, más estable, y superior a la anterior, que la engloba provocando una reestructuración.
- Descripción lógica y estructura de conjunto: Las reestructuraciones mentales y sus nuevas lógicas afectan tanto al objeto conocido como al sujeto cognoscente. Cada etapa va a determinar el comportamiento intelectual del individuo en la totalidad de los dominios de actuación que se le presenten.

Se define **inteligencia** como la capacidad de *equilibración y de abstracción reflexionante (Coll y Martí, 2001), y que es diferente en cada sujeto. Este equilibrio del que se habla resulta de la interacción entre la experiencia física del objeto y la maduración psicogenética del sujeto. La equilibración se produce cuando el desequilibrio mental causado en el sujeto por la nueva información/experiencia, se puede equilibrar mediante su procesamiento e integración en los propios esquemas cognitivos (proceso de asimilación), o mediante una reestructuración de los mismos (proceso de acomodación). Esta concepción del pensamiento está muy ligada al funcionamiento del método científico, donde se entra en un conflicto cognitivo por la ausencia de respuestas a una serie de interrogantes. Es en ese momento cuando se produce el planteamiento de hipótesis, que llevarán a una indagación y experimentación que permitirán encontrar el conocimiento necesario para restablecer el equilibrio, creando una realidad más enriquecida. El desarrollo de la inteligencia en el individuo lleva a una mejor relación con el ambiente en el que se desenvuelve, lo que conlleva (en términos de la psicología evolucionista) a una mejor adaptación al medio.

Fundamentos sociológicos.

Al trabajo de Piaget, el psicólogo Lev Seminovich Vygotsky contribuyó con su Teoría socio-histórica (García, J. G., 2020), a la que además añadía un componente cultural. Ésta parte de la premisa de que el conocimiento no es una construcción individual sino colectiva, que se genera por el devenir histórico y cultural de la colectividad y se mantiene como el conjunto de saberes vigentes necesarios para realizar todo tipo de actividad productiva, social, o individual. Este autor profundiza en cómo es ese medio cambiante, producido por la sociedad en su conjunto, que genera las percepciones en el individuo que le llevan al conocimiento. Si bien hay una dimensión biológica o primaria de los mecanismos del pensamiento, existen otras herramientas creadas socialmente por la actividad humana (Wertsch, 1993), y un ejemplo de ello es el lenguaje. La utilidad de este enfoque reside en comprender las relaciones entre el funcionamiento mental humano, y la situación cultural, histórica e institucional; pues no se entiende el aprendizaje humano fuera del contexto de una comunidad social determinada sujeta a su propia "cultura de aprendizaje" y al dinamismo de la sociedad del conocimiento (Pozo, 2008).

Obtiene una gran relevancia el constructivismo en la edad contemporánea y tecnológica actual, con un avance y renovación de la ciencia a pasos agigantados, que exige una adaptación continua y permanente a estos cambios. Y especialmente su enfoque social, por el fenómeno actual de las transiciones políticas rápidas, el resurgimiento de los nacionalismos, etc., fuentes también de numerosos cambios en tiempo reducido. Se rechaza el subjetivismo y el conductismo característicos de la educación de finales del siglo XX, y se propone un cambio de paradigma educativo para el nuevo siglo XXI, que dicta lo siguiente: El conocimiento es una construcción sociocultural con objetivos de desarrollo y evolución, que se consigue mediante el aprendizaje de cada uno de los individuos en sus interacciones, lo que provoca cambios tanto en el propio individuo como en la sociedad completa. El sujeto es también para Vygotsky el protagonista en su propio aprendizaje, que con ayuda de otros miembros de la sociedad, se adueña del conocimiento social construido, culturalmente valioso, e históricamente determinado. En este sentido define la zona de desarrollo próximo, que es la distancia entre lo que una persona puede aprender por sí misma, y lo que podría aprender con la ayuda de un experto.

Fundamentos pedagógicos.

Como tercer protagonista del constructivismo está el psicólogo David Ausubel, con su Teoría de la asimilación (Ausubel D., 1983). Se ha partido de la base de que el modelo educativo constructivista lleva a un **aprendizaje significativo**, que se trata de aquel que tiene en cuenta la estructura cognitiva previa (el conjunto de conceptos e ideas, y la organización entre ellas, que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento), que la considera la base para que la nueva información pueda relacionarse e integrarse, y por tanto aprenderse. Es por ello de vital importancia conocer esta estructura cognitiva previa que tiene el alumno antes de comenzar con el proceso de enseñanza, pues gracias a ella se podrá orientar y definir el aprendizaje. El factor determinante de estas ideas previas no es la cantidad de información que el alumno posee sino cómo la relaciona, de dónde vienen esas relaciones, y qué estabilidad tienen. No se deben entender estas ideas previas como algo que pueda dificultar el aprendizaje (aunque en ocasiones, especialmente en ByG puedan serlo), sino como una oportunidad a partir de la cual trabajar, mediante su detección y la aplicación de las metodologías adecuadas. En palabras del propio Ausubel: *“El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente”*.

Características del aprendizaje significativo:

- Los contenidos son relacionados de modo no arbitrario y sustancial con lo que el alumno ya sabe (una imagen, un símbolo, un concepto, o una proposición).
- La nueva información “se conecta” con una estructura cognitiva, previa, clara, relevante, y disponible: el subsunor.
- Una estructura cognitiva sólo actúa como subsunor cuando es expuesta a su interacción con nuevas informaciones, que provocarán cambios en su tamaño y en sus características.
- Las conexiones producidas trascienden la mera asociación para adquirir nuevos significados, que serán únicos y personales.
- Condiciones para que se produzca aprendizaje significativo: que el material tenga significado lógico (coherencia interna), significado cognitivo (disponibilidad de subsunores y habilidades del pensamiento en el alumno para ese material); y significado afectivo (contexto de aprendizaje).

Tipos de asociaciones en el aprendizaje significativo y ejemplo aplicado a la UD:

- Aprendizaje subordinado o razonamiento deductivo: La nueva información se introduce en una relación de subordinación en la estructura cognitiva.
Ejemplo: Las mutaciones pueden provocar enfermedades genéticas (subsursor). Por ejemplo, la hemofilia (nueva información).
- Aprendizaje supraordinado o razonamiento inductivo: La nueva información se introduce en una relación de supraordinación en la estructura cognitiva.
Ejemplo: *Collimonas fungivorans* se ha comido a *Candida albicans*, la quitinasa sirve para romper la pared celular de los hongos, la bacteria tiene el gen de la quitinasa (subsusores). Por lo tanto, se puede decir que *Collimonas fungivorans* mata a los hongos expresando el gen de la quitinasa (nueva información).
- Aprendizaje combinatorio: La nueva información no tiene una relación de subordinación ni de supraordinación con las estructuras cognitivas preexistentes, sino que se relacionan en un mismo nivel y de manera general.
Ejemplo: La PCR se utiliza para el diagnóstico de enfermedades infecciosas (subsursor), pero también para realizar pruebas de paternidad (nueva información).

Implicaciones educativas.

La teoría constructivista en su aplicación educativa puede, según Flórez (2000), seguir la corriente de las habilidades cognoscitivas, la corriente evolucionista/desarrollista, la corriente del desarrollo intelectual con énfasis en los contenidos científicos, y la corriente social¹⁵. La UD propuesta se enmarca dentro de las dos últimas corrientes. La primera de ellas enuncia que se pueden desarrollar las potencialidades intelectuales de todos los alumnos siempre que los contenidos se hagan accesibles a las diferentes capacidades y a los conocimientos previos, propiciando un aprendizaje significativo. La segunda de ellas enuncia la condición necesaria de que el proceso de aprendizaje, que se trata de una experiencia compartida, se dé en un contexto social favorable, en el que se llegue a la solución de problemas que afectan a las personas.

Con las ideas constructivistas de finales del siglo XX se anunciaba un **cambio de paradigma** para el siglo XXI, que comienza en el ámbito político-ideológico: La educación debe estar al servicio de la sociedad que se quiere crear y proporcionar al individuo las estrategias para que encuentre un lugar dentro de ella. Y termina en el ámbito técnico-pedagógico: Se persiguen la universalidad, la equidad, y la calidad educativas. El cambio de paradigma educativo tiene las siguientes características (Aguerrondo I., 2017) (López L.R., 2014) (Buxarrais Estrada, M.R., 2013):

- Atención a los diferentes contextos educativos y atención a la diversidad en el alumnado.
- Desarrollo de las habilidades blandas además de las habilidades duras.
- Educación en valores: promoción de la ética, del cuidado, y de la solidaridad.
- Desarrollo de la iniciativa individual y del pensamiento creativo.
- Trabajo cooperativo.
- Promoción de las relaciones humanas, el debate, los consensos colectivos, y el ejercicio de la libertad responsable.
- Definición, planificación, enseñanza, y evaluación de las Competencias Clave.
- Modelo de aula cogestionado y relación educador-educando bilateral, directa, personal y permanente.

- Operación sobre la realidad para ser transformada de manera activa.
- Evaluación continua y formativa.
- Recursos tecnológicos y materiales didácticos extraordinarios (destinados a la experimentación y a la resolución de problemas) .
- Contenidos que comprendan los saberes, las estrategias cognitivas, los procedimientos, y las actitudes hacia uno mismo y hacia los demás (en referencia a Los cuatro pilares de la educación de Delors, 1996).
- Empleo de las metodologías activas para la resolución de problemas reales aplicando unos conocimientos previos, donde el Aprendizaje Basado en Proyectos y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABProblemas) se han descubierto los más efectivos.

4.2. La metodología educativa: EL APRENDIZAJE ACTIVO.

Una vez definido el modelo educativo desde el cual se trabaja, se escogen las metodologías que encajen en su enfoque, que en este caso son aquellas metodologías que favorezcan un Aprendizaje Activo. Las metodologías tradicionales son aquellas en las que el alumno es un mero receptor de la información que le da el profesor, que es poseedor de todos los saberes. En ellas el adolescente no descubre, no construye, sólo aprende receptiva y repetitivamente. Esto causará que las asociaciones que haga de los nuevos conceptos sean arbitrarias, literales, inaplicadas, y en definitiva no significativas. Las **metodologías activas** (MA) ponen al alumno en el centro del proceso de aprendizaje y le invitan a descubrir, a experimentar, a aplicar, a implicarse, a interaccionar, y a cooperar para construir su propio conocimiento a partir de la experiencia. También hacen que el alumno se cuestione, piense, y se autoevalúe, para reconstruir sus ideas previas mediante. El resultado del aprendizaje activo será por tanto el aprendizaje significativo.

El profesor pasa a ser un planificador y diseñador de ambientes adecuados de aprendizaje; y como tal, un incentivador, y mediador en el trabajo cooperativo, los debates, y la resolución de problemas. El docente conoce el contexto por un lado, y diseña y ordena los contenidos por otro; adaptando las metodologías a ambos factores (Murillo Estepa P., 2007). Para adaptarse al contexto el docente debe determinar las ideas previas, los intereses, y las formas predilectas de aprendizaje de sus alumnos en particular; así como adaptarse a su nivel, a sus capacidades, y a la diversidad.

Para adaptarse a los contenidos, los cuales en el currículo oficial de Castilla y León abarcan tanto las técnicas, como las aplicaciones e implicaciones de la Biotecnología, adquiere una gran relevancia el enfoque **Ciencia-Tecnología-Sociedad** (CTS), que ha de estar siempre presente en la asignatura de ByG, pero especialmente cuando se abordan esta temática. Este enfoque se centra en establecer relaciones entre las ciencias naturales (los procesos bioquímicos de la expresión genética y las mutaciones), la tecnología que se desarrolla en torno a ellas (las técnicas biotecnológicas y sus aplicaciones), y la función que esta tecnología cumple en la sociedad (tanto los beneficios de sus aplicaciones como las implicaciones negativas que de ellas pueden derivarse). Las conexiones CTS están prácticamente ausentes en los libros de texto, que los docentes muchas veces siguen usando como referencia. Esto provoca que los alumnos tengan una imagen de la ciencia empobrecida y alejada del mundo real. Además, algunos agentes externos como los medios de comunicación de masas o algunas concepciones culturales / religiosas / familiares, pueden contribuir a generar en los alumnos una visión negativa y sesgada de la ciencia que contradice a la educación formal. Este desinterés ya en la etapa de la ESO va a provocar un descenso en el número de estudiantes de las carreras universitarias afines, lo que vuelve a repercutir a futuro en la ausencia de profesores bien

formados, cerrando así este círculo problemático. La solución es plantear un enfoque CTS que acompañe a una metodología activa y motivadora, con el fin de aumentar la motivación intrínseca por el aprendizaje de las ciencias como parte de nuestra historia y cultura, y que se contribuya al desarrollo de individuos activos, críticos, libres, e informados (Ribelles R., 1995). Además, el enfoque CTS invita a argumentar y dialogar sobre cuestiones controvertidas, que son especialmente relevantes en esta temática, que incluye la bioética. Sólo el 62% de los profesores lo trabaja asiduamente en el aula, y lo hace a través de debates.

Por otro lado, las MA más utilizadas en ciencias naturales son el ABProblemas y el Aprendizaje por Investigación (Simões R.C.M., 2020). Concretamente, para impartir la Ingeniería Genética y la Biotecnología, las metodologías más frecuentemente utilizadas son las tradicionales. Sin embargo, las MA son cada vez más utilizadas, destacando la formulación de hipótesis y pregunta y los trabajos prácticos de laboratorio abiertos (Occelli M., 2018). A continuación se ahondará en las características y beneficios de algunas de las MA propuestas.

Aprendizaje basado en las TIC.

La teoría constructivista señala que el conocimiento se construye en el contexto de la actividad contextualizada. Es por ese motivo, que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son una gran herramienta en la enseñanza en la ESO. Entre sus ventajas se encuentran la posibilidad de acceso a información y recursos ilimitados, que dota al alumno de la capacidad para controlar su propio aprendizaje. Además permite escapar del esquema de las sesiones lectivas y facilita la comunicación. Sin embargo, es el profesor el que debe mediar el uso que se le dan a las TIC, ya que se deben utilizar para fines concretos y no como saco de recursos desprovisto de objetivos (Requena S.H., 2008). El profesor debe guiar la búsqueda de información, recomendando buscadores y mecanismos de comprobación para saber si ésta es de calidad. También debe actualizar su propia formación al respecto.

Concretamente, la herramienta Google Classroom ofrece un sinfín de posibilidades, como la publicación de anuncios por parte del profesor, tareas, formularios de evaluación, materiales de refuerzo y ampliación, un foro de discusión, chats privados, etc. Es una plataforma gratuita en la que sólo se necesita tener una cuenta en *Gmail*, que muchas veces los centros ofrecen a sus alumnos. Los vídeos publicados en Youtube o la utilización de los laboratorios o simuladores virtuales son también recursos útiles en la enseñanza de la ByG. El uso de este último recurso no tiene por qué ser excluyente del uso del laboratorio físico, sino que puede ser complementario. El problema de los laboratorios virtuales es que muy pocos de los disponibles se encuentran en español, que algunos son difíciles de utilizar, y que se necesita un modelo 1:1 o acudir a un aula de informática. Sus principales ventajas son (Lorenzo-Rivadulla M., 2013):

- Simulación de un laboratorio científico físico y familiarización con sus materiales y técnicas pero evitando sus problemas de costes, tiempo, y peligrosidad.
- Simulación de investigaciones con pocas posibilidades de ser realizadas en físico.
- Interacción con la simulación que promueve la actividad y por tanto la comprensión de los contenidos.
- Aumento de la motivación extrínseca al estar caracterizados por dinámicas y estética de videojuego.
- Desarrollo de la autonomía en el aprendizaje y fomento del pensamiento crítico.

- Flexibilidad horaria que permite atender a los diferentes ritmos de aprendizaje.
- Desarrollo de la Competencia Digital.

Aprendizaje Basado en Problemas.

El ABProblemas consiste en una MA en la que se plantea un problema ficticio (no requiere una solución real, está enfocado a los procesos de aprendizaje) que los alumnos deben resolver. Se puede trabajar de manera individual, pero lo más común es hacerlo en grupo. Los alumnos no cuentan con mucha información previa, y el profesor debe guiar su resolución durante el transcurso de las sesiones facilitándoles información o recursos, abriéndoles líneas de trabajo, planteándoles preguntas, etc. Los alumnos, mediante una inicial identificación de las necesidades de aprendizaje, y una posterior indagación, realización de ejercicios, análisis de datos, y debate; deberán dar una solución por ellos mismos. El empleo del ABProblemas (Murillo Estepa P., 2007):

- Compromete activamente a los alumnos como responsables de una situación problemática.
- Organiza el plan de estudios alrededor de problemas holísticos que generan aprendizajes significativos e integrados (enfoque CTS).
- Promueve la indagación.
- Estimula la motivación intrínseca.
- Promueve el interés por el autoaprendizaje.
- Estimula la producción de estructuras de pensamiento complejo.
- Favorece el trabajo colaborativo.
- Activa el conocimiento previo.
- Estimula la creatividad.

Se trata de la MA que mejores resultados ha dado en cuanto al desarrollo de las distintas competencias (Ramón P.R., 2015) y una de las que más apoya el constructivismo de Piaget. Trabaja al revés que la metodología tradicional, en la cual primero se dan unos conocimientos teóricos y posteriormente se aplican (o no) a problemas concretos. En este tipo de metodología, el alumno, que inicialmente no tiene los conocimientos, se involucra activamente para construirlos con un fin concreto: la resolución de un problema del mundo real. Esta MA puede combinarse con el uso del laboratorio físico o virtual.

Aprendizaje cooperativo.

Esta MA es una de las que más apoya el constructivismo de Vygotsky, que destaca el papel fundamental del contexto social y la cooperación para el aprendizaje. Es el trabajo en grupos de alumnos más pequeños que el grupo general con un objetivo común, que no puede alcanzarse si alguno de los miembros del equipo no se esfuerza y no logra sus propios objetivos. La recompensa es la consecución grupal del objetivo, que será igual para todos los integrantes. Esto crea una interdependencia positiva y una necesidad de evaluación grupal. Es necesario que el profesor controle la composición de los equipos y asigne los roles de trabajo. Esta MA tan versátil puede utilizarse como recurso, pero también como contenido: para favorecer las habilidades sociales o para crear un buen clima de cohesión grupal (Santiago-Castillo T., 2014). Es necesario hacer una distinción entre las características de las diferentes formas de trabajar en grupo (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación entre los aprendizajes cooperativo – colaborativo – competitivo – individual.

	Aprendizaje cooperativo	Aprendizaje colaborativo	Aprendizaje competitivo	Aprendizaje individual
Interacción social	Muy alta	Media	Alta con los miembros del propio grupo, baja con los miembros de otros grupos.	Nula
Responsabilidad individual	Baja	Media	Alta	Total
Control del profesor	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Composición del grupo	Heterogénea (la decide el docente).	Heterogénea (suele decidirla el docente).	Tiende a la homogeneidad (la configuran los alumnos).	-
Asignación de roles y resolución de conflictos	Por parte de los alumnos.	Puede intervenir el docente.	Asignación de roles por parte de los alumnos, resolución de conflictos por parte del docente.	-

Las ventajas del Aprendizaje Cooperativo frente a los otros tipos de aprendizaje son las siguientes:

- Favorece las relaciones sociales entre el alumnado, fomentando la educación en valores (respeto, tolerancia, civismo, atención, empatía, etc.) y creando un clima de confianza que estimula el proceso de enseñanza-aprendizaje, tanto entre los miembros de un mismo grupo, como entre los diferentes grupos, y entre los alumnos y el profesor.
- Impulsa el rendimiento y la productividad de los educandos.
- Se presenta como una de las mejores medidas de atención a la diversidad debido a su gran capacidad de inclusión, tanto de aquellos alumnos con más necesidades como de aquellos con más capacidades, contribuyendo al aprendizaje de todos los alumnos del aula.
- Favorece la atención personalizada, el aprendizaje activo, y la entrada de otros profesionales al aula ordinaria que colaboren en el proceso educativo.
- Favorece el desarrollo de la Competencia Social y Cívica, mostrándose a la vez como metodología y como contenido.

Aprendizaje por simulación.

“La simulación es una estrategia de aprendizaje grupal que permite que los estudiantes desarrollen procesos empáticos y se empoderen de roles en la representación de circunstancias, hechos o acontecimientos.” (Alvarado J.C.O., 2020) Es el tipo de MA que trae el aprendizaje que se da en situaciones de la vida cotidiana al contexto del aula. De esta forma, las vivencias cotidianas pueden asociarse con los conocimientos científicos (enfoque CTS), fomentando un aprendizaje teórico-práctico. Se trata de crear una situación ficticia que ayude a desarrollar las habilidades necesarias que se necesitan en el enfrentamiento de estas situaciones en el mundo real, sin necesidad de acudir físicamente a otro lugar diferente al centro educativo. Esta MA es frecuentemente usada en el

ámbito de las Ciencias Sociales. Esto aporta la ventaja de poder crear un ambiente interdisciplinar (Biología y Economía). En este sentido, resulta un recurso muy útil para trabajar la Competencia de Iniciativa Emprendedora (Castro J.P., 2017). Esta MA aumenta la creatividad, la iniciativa, las capacidades interpersonales, la capacidad de toma de decisiones, la comunicación, la cooperación, la reflexión, el pensamiento crítico, y la autonomía en el alumnado. El auge de las industrias biotecnológicas crea nuevas demandas de consumidores y emprendedores responsables para el siglo XXI, que hacen indispensable el desarrollo de esta competencia.

El debate.

El debate es el acto comunicativo en el cual dos o más personas opinan acerca de uno o varios temas y en el que cada uno expone sus ideas y defiende sus opiniones e intereses. A medida que se vayan aportando argumentos a las posturas enfrentadas el debate se enriquece, de manera que la persona o grupo de personas que haya conseguido desenvolverse con una cantidad y solidez argumentativa mayor ganará. En esta dinámica suele existir la figura de un mediador (que en el aula es el profesor), que se encarga de conducir el debate mediante las siguientes acciones:

- Asegura el cumplimiento de la estructura, organización y protocolo del debate.
- Plantea las preguntas y los temas de discusión.
- Controla los tiempos de exposición de cada oponente, dando voz a quien corresponda.
- Descalifica las faltas de respeto si las hubiese.

En el debate educativo, el profesor además tiene que plantear cómo será la estructura del debate, cuánto durará, cómo serán los grupos, cuál será la temática, si dará información previa, si asignará las posturas o dejará que se elijan libremente, etc. No se suele buscar una solución final (aunque sí puede ser así si se integra el debate en un ABProblemas grupal, o si se pide un informe con una conclusión consensuada), sino que se pretende que los alumnos:

- Expresen sus opiniones utilizando argumentos contundentes.
- Reflexionen y desarrollen el pensamiento crítico.
- Exploren la diversidad de opiniones vigentes en la sociedad acerca del tema de debate.
- Comprendan la diversidad de implicaciones y ámbitos a los que afectan estas tecnologías.
- Indaguen sobre aquella postura que deban defender (elegida o impuesta por el profesor).
- Acepten y aprecien otras posturas o puntos de vista.
- Realicen un trabajo cooperativo que aumente su motivación extrínseca y a través del cual construyan conocimientos.
- Aumenten su interés y motivación intrínseca por el aprendizaje de las ciencias.

Mediante la participación en debates se pretende que los alumnos comprendan la información que les llega desde los medios de comunicación de masas, que sean capaces de participar en el debate y opinión pública, y que tomen decisiones libres, informadas y responsables vinculadas al bienestar propio, social, y ambiental. De esta manera se consigue una participación responsable y democrática en la sociedad (Competencia Social y Cívica). Una actividad que está también muy relacionada con la metodología del debate es la **dinámica de diálogo**, en la cual se discute sobre un tema controvertido pero no de una manera tan estructurada y rigurosa, sino que más bien se trata de expresar opiniones previas a la indagación respecto a la temática propuesta, y observar cuáles son las de los demás.

La gamificación.

La gamificación es un anglicismo que deriva de *game* (juego). El juego es uno de los primeros mecanismos de interacción social, y se mantienen a lo largo de la vida. Sin embargo, el Aprendizaje Basado en el Juego no es lo mismo que “jugar”, que tiene como objetivo el puro placer. La gamificación es el aprendizaje o la evaluación de los contenidos científicos a través de una metodología con dinámica de juego para alcanzar unos objetivos didácticos, y como tal requiere del seguimiento de unas pautas por parte del docente:

- Investigar los intereses del alumnado.
- Determinar unos objetivos didácticos.
- Planificar sus recursos materiales y temporales.
- Organizar su realización.
- Evaluar sus resultados.

Se ha probado muy beneficiosa por esta serie de ventajas (Marente-Lemus M.L., 2020):

- Permite simplificar contenido científico complejo y abstracto, haciéndolo más accesible al alumnado.
- Favorece el compromiso académico de los alumnos y su participación en las actividades.
- Aumenta el tiempo dedicado al estudio.
- Elimina el miedo al error.
- Desarrolla la Competencia Digital al introducir los recursos TIC y los videojuegos en el aula.
- Favorece el pensamiento lógico y el uso de estrategias para resolver problemas.
- Permite practicar la interdisciplinariedad.
- Aumenta la motivación* extrínseca del alumnado y del docente (por ser una actividad agradable y divertida), e idealmente la intrínseca en el alumnado (anima a la investigación y divulgación de la ciencia y la integra en su vida cotidiana).
- Posibilita una atención a la diversidad mediante la gradación en dificultad de los juegos.
- Favorece la autoexigencia del alumnado.
- Obliga a la interacción, mejorando la comunicación y la alfabetización científica.
- Mejora el clima de aula, las relaciones entre compañeros, y de estos con el docente.
- Incrementa la capacidad de exposición de ideas u opiniones.

Uno de los inconvenientes asociados al empleo de esta metodología está relacionado con el *aumento de la motivación, que suele ser de tipo extrínseca. Esta motivación tiene que ver con las puras metodologías, con las emociones y con las recompensas. Este tipo de motivación no está asociada a los contenidos. Una promoción descontrolada de la motivación extrínseca puede ir en detrimento de la motivación intrínseca, haciendo que el alumnado piense que el contenido no es en sí mismo motivador. Se debe gamificar atendiendo a objetivos didácticos claros y favoreciendo el interés y la indagación en los contenidos. La motivación es uno de los determinantes más importantes de la conducta humana. Si ésta es sólo extrínseca (la actividad sólo interesa porque es entretenida), el alumno abandonará el estudio de la asignatura cuando deje de ser tan divertida. Por lo tanto, lo que se busca gamificando la educación es favorecer la motivación extrínseca en primera instancia, para que ello repercuta en un aumento de la motivación intrínseca después.

Flipped classroom.

El modelo de clase invertida consiste en la inversión de roles entre el docente y el alumno. Desplaza determinados procesos de la enseñanza-aprendizaje al hogar a través de vídeos, lectura de artículos, lectura de guiones de prácticas, etc. Este tipo de material se puede publicar en *Classroom*, permitiendo que los alumnos puedan prepararse las sesiones con anterioridad; y así dedicar el tiempo presencial a actividades dinámicas que favorezcan las interacciones. No debe confundirse esta metodología con “mandar deberes”, que se trata de una actividad en el hogar que se realiza posteriormente al aprendizaje en el aula de unos contenidos. En la clase invertida, los alumnos en casa se enfrentan a los contenidos por primera vez y trabajan en ellos para construir conocimientos, no es una mera aplicación y extensión de los contenidos vistos en clase. Tampoco debe confundirse con “educación on-line” ni debe reemplazar al profesor.

La ventaja de esta metodología es que optimiza los tiempos en el aula para poder realizar actividades más constructivas. El posible inconveniente es que se depende del grado de compromiso y disponibilidad por parte del alumno, que es un factor difícilmente controlable. Por otro lado, si el profesor, que debe supervisar y planear todo este proceso, consigue motivar al alumnado; se estaría incrementando el tiempo de estudio, la autonomía y la disciplina del alumno. Esto repercutiría, como se ha probado (Rodríguez D.M., 2016), en el desarrollo de las Competencias Clave y de un aprendizaje significativo, en el aumento de la implicación y del rendimiento académico de los alumnos, en el aumento de la satisfacción del profesor, en las interacciones educador-educando, y en la adaptación al ritmo de aprendizaje de cada alumno.

Aprendizaje analógico.

La utilización de **analogías** es un recurso constructivista para el aprendizaje significativo que consiste en el establecimiento de relaciones mentales entre los conocimientos nuevos y las ideas previas (Oliva J.M., 2008). El tipo de relaciones que pueden establecerse son muy variadas, y en este caso se trata de una relación de semejanza entre dos cosas distintas. El profesor debe ayudar a los alumnos a formar esta relación de semejanza o analogía. Se trata de una MA que apela directamente al pensamiento. Las ventajas de su empleo son las siguientes:

- Ayudan a comprender o clarificar conceptos y fenómenos.
- Acercan el fenómeno a aquello que es más familiar para el alumno.
- Convierten lo abstracto en concreto.
- Ayudan a visualizar los fenómenos a través imágenes.
- Fomentan la capacidad de abstracción y desarrollan la imaginación.
- Pueden servir como instrumento de motivación.

El concepto previo necesario para el establecimiento de la relación descrita se denomina “blanco” y debe ser más accesible y simple que el nuevo conocimiento. Los dos objetos sujetos a relación de semejanza no deben ser ni demasiado parecidos ni muy diferentes. La analogía debe poder ser representada por algo tangible: Una imagen o una frase por ejemplo.

El establecimiento de analogías es un proceso complejo que implica acciones como analizar, comparar, relacionar, sintetizar, diferenciar... y tiene potencial para poder con ello realizar predicciones o incluso desarrollar un pensamiento computacional. Sin embargo también cuenta con algunas limitaciones. Por un lado, se debe dotar de cierta libertad para el establecimiento de las

analogías, pues si se considera únicamente la respuesta que el profesor ha pensado anteriormente, se puede coartar la iniciativa y creatividad del alumno. Por otro lado, las analogías no pueden pecar de ser demasiado abiertas ya que se corre el riesgo de que sean malinterpretadas o entendidas en un sentido literal, pudiendo dar lugar a errores de aprendizaje. El profesor debe seleccionar, pensar, analizar y trabajar las analogías previamente, para poder así detectar sus limitaciones y comunicárselas a los alumnos.

En la UD de la información genética es frecuente encontrar la analogía, ya en los propios términos científicos (expresión genética, código genético, transcripción, traducción...), entre la expresión génica y el lenguaje verbal. Esta analogía puede hacer que conciban la ciencia en unos términos más amplios y aumente su curiosidad. Ambos sistemas comparten algunas características estructurales y funcionales que no son compartidas por ningún otro sistema de comunicación natural (simultaneidad, capacidad combinatoria, significado, y dependencia del contexto) (Enguix G.B., 2006). En este sentido, puede hablarse de una “lingüística molecular”, y mediante el paralelismo entre ambos sistemas llegar a una comprensión interdisciplinar más profunda de los mecanismos que los rigen, en la realidad y en el pensamiento.

La dramatización.

El teatro es la representación comunicativa y dramática de una situación. También es una metodología innovadora en su empleo para la didáctica de las ciencias, ya que esta actividad suele estar relegada a la asignatura de Lengua Castellana y Literatura o a las actividades extraescolares. Esta MA permite desarrollar todas las competencias (especialmente la Competencia Lingüística) e incluir cualquier contenido en ella, dando lugar así a un “teatro científico”. Es una actividad en la que el alumno debe implicarse de manera colaborativa. Además, la escenificación de la acción científica (ficticia o real) es una oportunidad óptima para llevar a la práctica el enfoque CTS. Se interpretaría a los personajes mediante el diálogo y la expresión corporal, para divulgar al público la complejidad teórica, técnica y social de los avances biotecnológicos. El profesor, a la hora de plantear esta actividad debe tener en cuenta si el guion lo va a realizar él mismo o va a hacer que lo escriban los alumnos, los recursos y materiales necesarios para la dramatización y quién los va a proveer, cuánto va a durar la obra, a quién va a implicar en ella, cómo va a organizar y coordinar los ensayos previos, cuáles son los objetivos didácticos de la actividad, los contenidos que trabaja, y cómo va a evaluarla. Es por tanto una MA laboriosa, tanto para el docente como para el alumno, pero que resulta motivadora y útil, y tiene los siguientes beneficios (Blanco Martínez A., 2015):

- Potencia la oralidad, la creatividad, la expresividad y la construcción del discurso.
- Aborda los contenidos científicos desde el enfoque CTS.
- Contribuye a la divulgación científica.
- Trabaja las competencias.
- Motiva al alumno.
- Apela a la sensibilidad (sentimiento de libertad, compañerismo, y apertura de mente).
- Crea un buen clima de aula al favorecer la comunicación entre sus miembros.
- Favorece tanto la autonomía como la colaboración.
- Acelera los mecanismos de aprendizaje, manteniéndolo a largo plazo.

Aprendizaje por Descubrimiento.

El modelo educativo constructivista se opone al modelo tradicional, que concibe la ciencia como un ente cerrado, y al alumno como una tabula rasa con papel pasivo que memoriza y repite los contenidos que posee y transmite el docente a través de clases magistrales, exposiciones orales, y lecturas del libro de texto. Como evolución de este sistema surgieron el modelo del descubrimiento guiado y el modelo del descubrimiento autónomo.

El primero de ellos tampoco tiene en cuenta las ideas previas del alumno. La ventaja es que le da a la ciencia (que sigue siendo un ente cerrado) un carácter no tan teórico pero sí mucho más procedimental (se aprenden habilidades y técnicas, aunque no se integran en un conocimiento profundo de las razones por las que se usan). Este modelo peca de ser demasiado inductista al generalizar excesivamente los descubrimientos experimentales, que muchas veces sólo pueden aplicarse a casos concretos y que parten de una visión de la ciencia aún no abierta a variaciones en sus interpretaciones. Aplica el método científico de manera aséptica, y el profesor se limita a realizar o mandar realizar una secuencia de acciones a modo de receta.

El segundo tiene en cuenta los intereses y la desenvolvura autónoma del alumno en clase (poniéndolo en el centro del proceso de aprendizaje), pero no tiene en cuenta sus ideas previas, por lo que desarrolla un aprendizaje por descubrimiento en sentido estricto pero que no llega a ser significativo. El profesor pasa a ser un mero orientador y observador del trabajo colaborativo de los alumnos, pero no realiza una tarea de enseñanza, pues la realizan los alumnos de manera autónoma. Al ser también demasiado inductista y no contar con una atención tan profunda por parte del profesor, a la hora de interpretar los resultados de los experimentos unos alumnos llegan a las conclusiones correctas pero otros no, generando frustración o asimilación de conceptos erróneos.

Las prácticas de laboratorio son una MA específica del aprendizaje de las ciencias. Gracias a ellas, aparte de los conocimientos teóricos sobre ciencia se pueden adquirir habilidades procedimentales del trabajo en el laboratorio, trabajando así las competencias. Aproxima el método científico al aula mediante trabajo colaborativo siguiendo el paradigma constructivista de Vygotsky: La ciencia no la hace una persona, la construimos entre todos los miembros de la sociedad. Bien planteadas, unas prácticas de laboratorio llevan a construir un aprendizaje significativo que sirva de anclaje a profundizaciones futuras, abandonando los modelos por descubrimiento previamente expuestos (Cardona Buitrago F.E., 2013). Para ello el docente debe realizar un esfuerzo más pedagógico que científico y plantear mejor la experiencia en el laboratorio del centro. Se deben definir y delimitar, como pasa con el resto de las metodologías, unos objetivos didácticos; que a su vez servirán para la evaluación del método y del alumno. Las prácticas que se realicen deben estar en contacto con la realidad social, cultural, y natural del alumno. Se inicia con el planteamiento de una pregunta o problema motivador, a la que los alumnos contestarán con sus primeras impresiones, que, con ayuda del profesor, darán lugar al planteamiento de unas hipótesis concretas. Se prosigue con la observación, indagación, o experimentación; poniendo a prueba las mencionadas hipótesis, y siendo capaz de interpretar los resultados grupales para reafirmarlas o rechazarlas. Esto provocará en el alumno el planteamiento de nuevos interrogantes que pueden dar lugar a una nueva práctica, concibiendo así la ciencia como un ente abierto, amplio (depende de muchos factores), y en continua construcción y transformación.

5. PROPUESTA DE UNIDAD DIDÁCTICA: “La información genética”

5.1. Marco legislativo.

De acuerdo a lo anteriormente especificado, se presenta la siguiente propuesta de Unidad Didáctica (UD) para la aproximación de la Biotecnología e Ingeniería Genética a los alumnos de 4º de la ESO. Para su diseño se han tenido en cuenta las leyes de educación vigentes en España en la actualidad a nivel estatal, siendo las siguientes:

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo de Educación (LOE).
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE) .
- 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) en el BOE 3/01/2015.
- 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.

Así como las leyes actualmente vigentes en materia de Educación relativas a 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 en la Comunidad de Castilla y León.
- 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.

5.2.Contextualización.

Localización y entorno educativo.

Esta Unidad Didáctica se enmarca en el contexto del Colegio Safa-Grial, lugar de realización de las prácticas del Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas. Se trata de un colegio concertado confesional católico de iniciativa social que tiene por titular la Fundación Padre Marín Triana.

El lugar en el que se impartiría la presente UD sería en su sede Safa-2, ubicada en la C/ Guadalete en Valladolid. Se encuentra en el Barrio de La Pólvora, en las proximidades de la plaza de Las Batallas, dentro del marco de las obras sociales de Caja España, y rodeada de barrios y zonas obreras como la Plaza Circular, Vadillos, Barrio Belén, y Pajarillos Bajos. Se trata de una zona que rodea el centro urbano de Valladolid (aureola externa) y, aunque no tiene demasiados puntos de interés educativo en sus inmediaciones, se encuentra cerca del ayuntamiento, la cámara de comercio, la Fundación Municipal de Deportes, el Teatro Calderón, y de cierto entorno empresarial. La zona de las inmediaciones de la plaza de las Batallas se caracteriza por una densidad de población más alta que la media de la ciudad y por un decrecimiento de ésta en las últimas décadas, que además está algo más envejecida que la de la media de Valladolid. El precio del alquiler de las viviendas en los barrios que rodean el colegio es reducido, lo que atrae a las familias extranjeras con pocos recursos, y de esta manera albergaría más población inmigrante (6% de su población) que la media de la ciudad (Delgado Urrecho J.M., 2006).

Por estas razones, los alumnos que acuden al centro son de procedencia diversificada. Las familias de estos alumnos son de perfil socioeconómico medio-bajo, y con formación académica baja o media, aunque en la última década existe una tendencia a la predominancia de la clase media. La familia, como elemento que influye en el desarrollo académico del alumnado, se caracteriza por un déficit de exigencia hacia éste, y por un estilo híper-protector que ocasionalmente incide de manera negativa en el rendimiento académico. En general, se observa un buen clima en las relaciones de las familias con los alumnos, y de éstas con el colegio, con una adecuada participación de la misma, siendo los conflictos que han podido aparecer de carácter individual y puntual.

El centro educativo.

La institución educativa Safa-Grial resulta de la unión en 2015 del Colegio Sagrada Familia, que cuenta con una sede de Educación Infantil y Primaria (Safa-1), y con una sede de Educación Secundaria Obligatoria (Safa-2), ubicadas la una enfrente de la otra en la C/Guadalete; y del instituto Grial, cuya sede de Bachillerato concertado y Ciclos Formativos, se ubica más céntrica en la C/ Ruíz Hernández de Valladolid.

La oferta educativa de este colegio es amplia, comprendiendo desde el aula de 1-2 años, la Educación Infantil, Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato concertado, y Formación Profesional Básica, Media, y Superior.

Por tanto, este centro está formado por 45 unidades concertadas, 8 de ellas pertenecientes al nivel educativo de la ESO, el cual se detallará en más profundidad ya que la UD está dirigida a uno de los niveles de esta etapa educativa. El edificio Safa-2 cuenta con una única planta y un sótano. Cuenta con 8 aulas, ya que cada uno de los cuatro niveles de la ESO está constituido por dos grupos de alumnos (A y B). Además, posee aula de música, taller de tecnología, laboratorio, dos aulas de informática, aula de audiovisuales, biblioteca, sala de profesores, despacho de la dirección general, despacho de la dirección pedagógica, despacho del capellán, tutoría para padres, gimnasio, aula de desdoblés, y Departamentos de Orientación, Idiomas, Sociales y Ciencias. También tiene dos patios, uno más pequeño donde se encuentra ubicado el Huerto Escolar, y otro más grande donde se encuentran las canchas de baloncesto, fútbol, y vóley.

En cuanto al equipo docente, cuenta con 12 profesores/as en la ESO, 8 de ellos tutores, casi todos ellos con una gran estabilidad, contrato indefinido y con una buena y constante formación. El centro dota de bastante libertad de cátedra a cada educador y promueve la integración de las familias en el proceso educativo. Es un centro que se caracteriza por sus metodologías innovadoras, su nivel 5 en TIC (el máximo), la experiencia educativa, el acompañamiento constante al alumno y el buen clima de convivencia. Las claves de su acción educativa, reconocidas en el propio Proyecto Educativo del Centro, son:

- La persona de educando como valor absoluto y fin en sí misma.
- El alumno como protagonista de su propia educación.
- Enseñar a pensar bien.
- Una educación centrada en la cultura del esfuerzo.
- Una formación al servicio de los demás.

En la actualidad cursan sus estudios en el Safa-Grial alrededor de un total de 1200 alumnos, y aproximadamente 300 acuden a las instalaciones de la sede de la ESO. Aproximadamente la mitad

de ellos son niños y la otra mitad niñas, el 3% tiene necesidades educativas especiales y el 15% son inmigrantes. Existe un buen nivel de colaboración de los alumnos en el centro y el ratio medio es de 25 alumnos/aula. Con todo, existe una problemática generalizada en este centro de alumnos que no desarrollan hábitos de estudio adecuados que les permitan alcanzar el éxito académico.

El alumnado.

Se trata del grupo de 4º de la ESO con opción de *Ciencias*, que es el único de los dos que estudiaría la asignatura de Biología y Geología (ByG), en la que se enmarca la UD.

En cuanto a las características de los integrantes del propio aula, se trata de un grupo de 4º de la ESO con opción de *Ciencias*, que es el único a este nivel en el colegio que estudiaría la asignatura de Biología y Geología (ByG), en la que se enmarca la UD. Está formado por 24 alumnos y alumnas (mitad y mitad) de entre 15 y 17 años. Está caracterizado por una gran diversidad, tanto en el rendimiento académico, como a la procedencia de sus familias. Este grupo tiene, en general, un buen clima de convivencia y compañerismo. Debido a las diferencias entre ellos, existe un sector de la clase muy involucrado y participativo en las tareas escolares, que se refleja en un buen desempeño dentro de la asignatura; y otro sector de la clase que no muestra interés por los asuntos académicos y que, al encontrarse en el último curso de la ESO quiere terminarla para así poder dejar los estudios y dedicarse al trabajo o a la Formación Profesional. El reto en esta aula sería lograr el desempeño máximo de las potencialidades de un alumnado tan diverso, pero que podría conseguirse gracias al compañerismo existente, el acompañamiento constante del docente, y el trabajo colaborativo.

Más concretamente, en esta aula se encontrarían 3 alumnos repetidores, 2 de ellos con la ByG suspensa. En cuanto a los alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo, existe en esta aula un niño diagnosticado de TDA-H y dos niñas con capacidad intelectual límite (una de ellas con sospecha de TDA, que es una de las repetidoras). Además, se cuenta también con dos hermanos gemelos procedentes de Ecuador que se han mudado recientemente con su familia a Valladolid y que cuentan con un desfase educativo de un año debido a las características de la educación en su país de procedencia (tienen un año más que la mayoría de sus compañeros, pero no precisan de atención especializada). Por último, también habría en este grupo una alumna considerada de altas capacidades. Además de los alumnos del aula, se cuenta con dos alumnos de 1º de Bachillerato de *Ciencias Sociales* que tienen la asignatura de ByG pendiente, que no acudirían al aula pero que se les atenderá por otros medios, especificados en el apartado 5.10. Atención a la diversidad.

5.3.Objetivos.

Objetivos de la propuesta.

Los objetivos de enseñanza que se persiguen con esta propuesta de Unidad Didáctica son los referentes al proceso de enseñanza que el educador desarrolla, y como tales sirven de referencia para la organización de las sesiones y creación de los materiales didácticos necesarios para hacer posible la consecución de los objetivos de aprendizaje. Se presentan a continuación:

- **Identificar** las ideas previas del alumnado sobre la Biología Molecular, la Biotecnología, y la Ingeniería Genética.
- **Construir** un aprendizaje significativo en base a ellas.

- **Aplicar** metodologías activas tales como el aula invertida, el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje basado en el juego, y el aprendizaje basado en problemas.
- **Explorar** actividades que fomenten la motivación del alumnado.
- **Crear** materiales didácticos para la enseñanza de la Genética Molecular, la Biotecnología, y la Ingeniería Genética.
- **Favorecer** la inclusión en el aula de un alumnado diverso.
- **Evaluar** de una forma más consecuente con las actividades y esfuerzo invertidos en las clases.
- **Deshacer** en el alumnado los mitos sobre las técnicas y aplicaciones de la Biotecnología y la Ingeniería Genética.
- **Fomentar** la conexión entre ciencia, tecnología, y sociedad.

Objetivos de aprendizaje.

Los objetivos de aprendizaje son los referentes relativos a los logros que el estudiante debe alcanzar al finalizar la Unidad Didáctica, como resultado de las experiencias de enseñanza-aprendizaje intencionalmente planificadas para tal fin. Como tales, servirán de referencia para la toma de decisiones didácticas, metodológicas, y evaluadoras. Se presentan a continuación:

Conceptuales.

- **Integrar** los conocimientos de la genética molecular y la genética mendeliana.
- **Comprender** el funcionamiento de un laboratorio biotecnológico y de la industria biotecnológica.
- **Entender** los conceptos de gen, código genético, mutación, Biotecnología, e ingeniería genética.
- **Recordar** conocimientos de bioquímica.
- **Relacionar** el lenguaje genético con el lenguaje humano.
- **Explicar** los mecanismos bioquímicos de la transcripción, y la traducción.
- **Compartimentar** los procesos de transcripción y traducción genéticas.
- **Explicar** los procedimientos que se llevan a cabo al realizar las diferentes técnicas de la ingeniería genética.
- **Analizar** los efectos de las mutaciones en el desarrollo de enfermedades genéticas, y en la evolución.
- **Clasificar** los distintos tipos de mutaciones.
- **Ejemplificar** productos fruto de la Biotecnología tradicional y de la ingeniería genética.
- **Diferenciar** entre Biotecnología tradicional y Biotecnología moderna, y entre OMG y transgénico.
- **Relacionar** las técnicas de la ingeniería genética con sus respectivas aplicaciones.
- **Indicar** las implicaciones bioéticas de la ingeniería genética.

Procedimentales.

- **Explicar** procedimientos biológicos mediante la aplicación *Explain everything*.
- **Completar** un proyecto de biorremediación en un laboratorio virtual.

- **Realizar** el sembrado de hongos y bacterias en placas de cultivo.
- **Analizar** los resultados de un antibiograma.
- **Realizar** problemas de determinación de paternidad, de expresión genética, de mutaciones, y de aplicación de la PCR.
- **Actuar** en una obra de teatro que represente la producción de vegetales transgénicos.
- **Simular** la compra con monedas falsas de artículos producidos con Biotecnología.
- **Buscar** información en internet para apoyar una postura bioética determinada.

Actitudinales.

- **Analizar** críticamente las fuentes de información.
- **Relacionar** los conocimientos adquiridos con utilidades en la vida cotidiana.
- **Valorar** la aportación de la Biotecnología y la ingeniería genética al desarrollo de la humanidad a varios niveles.
- **Tomar conciencia** de las creencias falsas que se suelen tener sobre la Biotecnología y la Ingeniería Genética.
- **Pensar** críticamente.
- **Utilizar** el método científico como fuente de nuevos descubrimientos.
- **Cooperar** con los compañeros y con el profesor para el aprendizaje de todos.
- **Desarrollar** la curiosidad científica.
- **Evaluar** el propio aprendizaje.
- **Participar** activamente en las actividades de enseñanza/aprendizaje propuestas por el profesor.

5.4.Competencias.

La Recomendación 2006/962/EC, del Parlamento Europeo en 2006, sobre las 7 Competencias Clave (CC) para el Aprendizaje Permanente, insta a los Estados miembros a desarrollar una oferta educativa centrada en ellas. De esta manera se delimita la definición de competencia, entendiéndola como una combinación de conocimientos, capacidades, destrezas, y actitudes adecuadas al contexto. Se considera que *“Las competencias clave son aquellas que todas las personas precisan para su realización y desarrollo personal, así como para la ciudadanía activa, la inclusión social, y el empleo”*. En este sentido las competencias nos llevan a una nueva concepción de la educación: una en la que el conocimiento de base conceptual o declarativa (saber decir) está en perfecta sintonía con el conocimiento procedimental relativo a las destrezas físicas y mentales (saber hacer), y con las consecuencias sociales y culturales que este tendría (saber ser). Estos tres componentes en el aprendizaje por competencias se encuentran interrelacionados, lo que nos permite disponer de algunas ventajas tales como una mayor posibilidad de movilidad entre los países de la Unión Europea por el dominio de unas mismas CC, y una vinculación del aprendizaje con el desarrollo profesional. Este sistema de aprendizaje se caracteriza por su transversalidad, dinamismo, e integridad; y por ello las CC deben estar presentes en todas las áreas del conocimiento y en las diversas instancias educativas, favoreciendo un aprendizaje a lo largo de la vida. La aplicación del aprendizaje por competencias influiría en la organización y cultura escolares, la transmisión de los conocimientos, las prácticas, y los métodos educativos. A continuación se nombran y describen:

Competencias básicas o generales.

Competencia Lingüística (CL).

Hace referencia a la acción comunicativa, así como al plurilingüismo y conocimiento propio de las lenguas. De esta manera, se trata de una CC para el aprendizaje intercultural, permanente y contextualizado, ya que la comunicación no ocurre de manera aislada sino en un contexto pragmático-discursivo y socio-cultural determinado. Esta competencia tiene la modalidad oral y la modalidad escrita, debiéndose trabajar ambas en el aula, haciendo hincapié asimismo en la dimensión hedonista de la lectura. De esta manera, la UD contribuirá al desarrollo de esta CC mediante la lectura e interpretación de artículos científicos, y mediante el trabajo con la figura de la analogía. Para desarrollar adecuadamente esta competencia será necesario también, adquirir un vocabulario científico específico. Así, el alumno comprenderá la diferencia entre el lenguaje que hace posible la comunicación entre las personas y el que utiliza la ciencia para explicar fenómenos. Es decir, se desarrollará la CL de manera contextualizada.

Competencia Matemática y competencias básicas en Ciencia y Tecnología (CMCT).

Esta competencia puede desglosarse en dos. Por un lado, se refiere a la competencia matemática, que implica el razonamiento matemático y dominio de sus herramientas para describir, interpretar y predecir los fenómenos que ocurren alrededor. A este respecto, se trabajaría esta competencia mediante el manejo de datos, de porcentajes, y de gráficos. De esta manera se logrará una comprensión lógica de los pretextos en los que se basa la ciencia.

Por otro lado, se refiere a las competencias básicas en ciencias y tecnología. Ésta será la principal competencia que se trabajará en la Unidad Didáctica. Ya que los contenidos que se imparten aúnan disciplinas de la biología y de la tecnología, a menudo abordadas de manera compartimentada, se puede fácilmente trabajar esta competencia de una manera global e interdisciplinar. Por ejemplo, mediante la aplicación del método científico. Además del descubrimiento del medio físico, se destaca la importancia de tener interacciones responsables con él mediante acciones individuales y colectivas. En este caso, mediante el desarrollo de una actitud crítica ante los avances biotecnológicos. Esta actitud crítica la brinda el conocimiento del funcionamiento de la expresión génica y de cómo la sociedad ha venido utilizándolo a su favor, así como sus implicaciones tanto positivas como negativas, para que puedan formarse opiniones libres e informadas. Las ciencias son variadas pero están interconectadas, y su conocimiento influye en nuestro desarrollo cotidiano. Por esta razón será necesario, por un lado, promover la capacidad de asombro por la complejidad de las mismas, y por otro lado, desarrollar esta competencia mediante el empleo de herramientas tecnológicas. De esta manera se podrá alcanzar un objetivo determinado y resolver un problema social. A este respecto tanto el aprendizaje basado en problemas como los debates y dinámicas de diálogo tienen mucho que aportar.

Competencia Digital (CD).

Esta competencia está relacionada con el uso creativo, crítico y seguro de las TIC para un adecuado desarrollo social. Ya que estas tecnologías están en continuo cambio es necesaria una adaptación por parte del docente a estos nuevos recursos. Esta competencia abarcaría el manejo de las herramientas digitales, el conocimiento de sus lenguajes específicos, los derechos y libertades que las afectan, y la habituación a un uso cotidiano de las mismas para cubrir algunas de nuestras

necesidades de una manera optimizada. Para ello se abordará en esta UD la búsqueda de información, se enseñarán los motores de búsqueda y bases de datos más adecuados para la resolución de unos problemas determinados, cómo analizar e interpretar correctamente estos datos, así como su contraste con otras fuentes de información y discusión de su veracidad. Se enseñará la contribución de los medios digitales a la comunicación humana y se analizarán sus beneficios y carencias que afecten a nuestra sociedad, así como la seguridad en su utilización. Se incidirá concretamente en la importancia de la bioinformática y de las bases de datos en el desarrollo científico y se utilizarán recursos como los laboratorios digitales o ciertos softwares didácticos.

Competencias transversales o integradoras.

Competencia de Aprender a Aprender (CAA).

Esta competencia es la base del aprendizaje permanente. Consiste en la habilidad para iniciar, organizar y persistir en los procesos de aprendizaje. Esto conlleva la generación de curiosidad y necesidad de los conocimientos científicos. Con la presente UD se tratará de incentivar la curiosidad y el gusto por la ciencia, así como los problemas sociales que ésta es capaz de solucionar. Esta competencia implica el conocimiento de uno mismo y de los propios mecanismos de aprendizaje, y por tanto ha de trabajarse de manera constante y en todos los ámbitos educativos. El alumno se sentirá protagonista de su propio aprendizaje, tomando el control sobre lo que sabe y lo que no, y sobre las estrategias más adecuadas para sí mismo. Generará sensaciones de auto-eficacia, adaptabilidad y motivación. Son de gran importancia a este respecto las actividades grupales. La motivación se trabaja mediante gamificación y aplicación de sistemas de recompensa. Se establecen las metas de aprendizaje de manera que el alumnado pueda reflexionar sobre lo aprendido en cada sesión, y se favorece la transferencia entre las distintas áreas del conocimiento mediante actividades interdisciplinarias y de recuerdo.

Competencias Sociales y Cívicas (CSC).

Esta competencia puede subdividirse en dos. Por un lado la competencia social se relaciona con el bienestar personal y colectivo. Para ello, esta UD aporta los conocimientos necesarios para una interacción libre y responsable con la ciencia y sus avances, implicando el pensamiento crítico sobre las conductas individuales y colectivas. Se trabajan la empatía, la tolerancia y el respeto, y por ello ha de estar presente especialmente en las actividades grupales (cooperativas, colaborativas, y competitivas). En ellas se favorecerá el compañerismo, la asunción de responsabilidades y la resolución de conflictos.

Por otro lado, estaría la competencia cívica, que se basa en inculcar los conceptos de democracia, justicia, igualdad, ciudadanía, y derechos humanos. A este respecto, se trabajaría el concepto de desarrollo sostenible en relación con la Biotecnología, es decir, el progreso individual y colectivo en concordancia con el respeto a nuestro entorno natural.

Competencia del sentido de la Iniciativa y espíritu Emprendedor (CIE).

Esta competencia está relacionada con la capacidad de transformar las ideas en actos. Para ello se desarrollará la capacidad creadora y de innovación, la capacidad pro-activa, la asunción y gestión de riesgos, el manejo de la incertidumbre, el liderazgo, la disciplina, el trabajo cooperativo, y el sentido crítico y de la responsabilidad. En este sentido, el alumno aprenderá a ser más independiente y

responsable y podrá aprovechar mejor las oportunidades (laborales o de otra índole) que se le presenten. A este respecto, se trabajan los agentes humanos responsables de traer a la mesa los cultivos transgénicos, de una manera en la que también se aborda la creatividad.

Para potenciar la cultura del emprendimiento, se pondrán ejemplos de gestión sostenible y se propondrán problemas que el alumno autónomamente o en equipo deberá resolver. Relacionada con la CAA, es una competencia auto-reguladora, que dotará al alumno de herramientas de trabajo y capacidad de auto-evaluación. Esta competencia está muy relacionada con la dimensión social del aprendizaje, por lo que también se trabajará en debates y en las actividades de competición.

Competencia de las Expresiones Culturales (CEC).

Esta competencia se relaciona con el conocimiento, la valoración y el disfrute crítico del patrimonio cultural propio de la nación, así como del extranjero, el conocimiento de las técnicas y recursos para su creación y conservación, la comunicación de las ideas, el sentido de la creatividad e imaginación, y la participación activa en la cultura. A este respecto, se favorece su desarrollo proponiendo actividades artísticas tales como la interpretación teatral y la observación de películas y de imágenes de opinión (memes y propaganda) sobre los temas de actualidad ligados a los contenidos de la UD.

5.5.Contenidos.

La elaboración de los contenidos curriculares que se trabajarán en esta UD se realiza en base a lo establecido en la ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, del BOCyL. En ella, se indican los Criterios de Evaluación (CE) con números, de los cuales la evaluación de la presente UD se basaría en los siguientes: 7, 8, 12, 13, 14, y 15.

En este trabajo se pretende realizar una Aproximación Didáctica de la Ingeniería Genética y de la Biotecnología (CE: 12, 13, 14, y 15) al alumnado de 4º de la ESO. Sería difícil el aprendizaje significativo de estos contenidos sin haber comprendido previamente el significado completo de la genética molecular, de la expresión génica, de sus mecanismos, y de las mutaciones; y por este motivo se enmarcan bajo la misma UD, que recibiría el siguiente nombre: La información genética.

De esta manera, también sería necesario el conocimiento de la célula, de su funcionamiento, y de la bioquímica que la integra. Especialmente importante sería el conocimiento de la química y la estructura del ADN y los mecanismos de su replicación y herencia durante la división celular mitótica y meiótica. Es por ello que previamente a la impartición de esta UD se habrían agrupado en otra UD los Criterios de Evaluación (CE) del 1 al 6.

Posteriormente a la impartición de esta UD, y gracias a los conocimientos que de este proceso se adquieren, sería posible explicar los mecanismos de la genética mendeliana y de la evolución de la vida en La Tierra, que formarían otra UD regida por los siguientes CE: 9, 10, 11, 16, 17, 18, y 19.

El conjunto de estas 3 UD mencionadas constituiría el Bloque 1 completo contemplado por la ley, denominado "La evolución de la vida". A continuación, se expresa una tabla que relaciona los contenidos, los criterios de evaluación, los estándares de aprendizaje, y las competencias clave de la presente UD.

Tabla 1. Relación entre los Contenidos, los Criterios de Evaluación, los Estándares de Aprendizaje, y las Competencias Clave.

Contenidos*	Criterios de Evaluación	Estándares de Aprendizaje (EA)*	CC*
<ul style="list-style-type: none"> • Concepto de gen. • Expresión de la información genética. • La transcripción. • El código genético. • La traducción. 	(7) Comprender cómo se expresa la información genética, utilizando el código genético.	7.1. Ilustra los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético.	CL CMCT CD CAA
<ul style="list-style-type: none"> • Concepto de mutación. • Implicaciones en las enfermedades genéticas y en la evolución. • Clasificación de las mutaciones. • Concepto de Biotecnología. • La Biotecnología tradicional: técnicas, aplicaciones, diferencias con la Biotecnología moderna. 	(8) Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución.	8.1. Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos.	CMCT CAA CSC
<ul style="list-style-type: none"> • Concepto de ingeniería genética. • Técnicas de la ingeniería genética: la hibridación, la secuenciación, la PCR, las mutaciones de origen artificial, las enzimas de restricción, la tecnología del ADN recombinante, CRISPR-Cas9. 	(12) Identificar las técnicas de la ingeniería genética: ADN recombinante y PCR.	12.1. Diferencia técnicas de trabajo en ingeniería genética.	CMCT CD CAA
<ul style="list-style-type: none"> • La clonación terapéutica y la clonación reproductiva. 	(13) Comprender el proceso de la clonación.	13.1. Describe las técnicas de clonación animal, distinguiendo clonación terapéutica y reproductiva.	CMCT CSC
<ul style="list-style-type: none"> • Los OMG y los transgénicos: diferencias. • La Biotecnología roja: aplicaciones en la medicina, el Proyecto Genoma Humano (PGH), y la genética forense. • La Biotecnología verde: aplicaciones en el sector primario (agricultura y ganadería). • La Biotecnología gris: la eliminación de metales pesados, la producción de biodiesel, la biorremediación y la protección del medio ambiente. • La Biotecnología amarilla: aplicaciones en el sector industrial (alimentaria, farmacéutica, química, textil y de procesos). 	(14) Reconocer las aplicaciones de la ingeniería genética: OMG (organismos modificados genéticamente).	14.1. Analiza las implicaciones éticas, sociales, y medioambientales de la ingeniería genética.	CL CMCT CD CAA CSC CIE CEC
<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento de la industria biotecnológica. • Riesgos e implicaciones bioéticas de la biotecnología. • El problema de la desinformación. 	(15) Valorar las aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en la agricultura, la ganadería, el medio ambiente, y la salud.	15.1. Interpreta críticamente las consecuencias de los avances actuales en el campo de la biotecnología.	CMCT CAA CSC CIE

Contenidos*: Incluye los contenidos de enseñanza que han sido creados y ordenados en la propuesta de UD de acuerdo a la ley educativa actual.

EA*: Los EA que aparecen en **negrita** indican los Estándares de Aprendizaje Básicos (EAB), que se corresponden con aquellos que son imprescindibles para garantizar el aprobado y la consecución de los objetivos de la UD.

CC*: Las CC alineadas con cada CE-EA dependerán de las actividades utilizadas para la enseñanza, aprendizaje, y evaluación de los contenidos que abordan.

5.6. Metodología.

La metodología tiene que ver con cómo enseñamos los Contenidos diseñados. Según el RD 1105/2014, la metodología se define como: “*El conjunto de estrategias, procedimientos y acciones organizadas y planificadas por el profesorado, de manera consciente y reflexiva, con la finalidad de posibilitar el aprendizaje del alumnado y el logro de los objetivos planteados*”. Los principios pedagógicos y metodológicos que rigen las acciones didácticas descritas en este trabajo vienen ampliamente explicados en el apartado 4. Marco teórico.

En líneas generales, en esta UD se orienta la educación hacia un aprendizaje competencial e inclusivo, en el que se trata de atender la diversidad del aula para la plena consecución de las potencialidades de cada alumno. A la vez, se trata de abordar el tema, cada vez de mayor relevancia en nuestra sociedad, de la Biotecnología y la Ingeniería Genética, deshaciendo los mitos y reconstruyendo ideas previas de los alumnos, para lograr un aprendizaje significativo con una metodología activa e innovadora. A la vista de estos dos objetivos generales, y siguiendo el modelo didáctico constructivista, se aplican metodologías variadas que se clasifican de la siguiente manera:

Enfoques metodológicos orientados a la inclusión.

Por inclusión educativa no sólo se entiende la igualdad de oportunidades educativas para todos, sino también el diseño de estrategias, estructuras, y procedimientos que garanticen un aprendizaje efectivo en todos los estudiantes dentro de la educación ordinaria obligatoria sin distinción de la discapacidad, etnia, grupo cultural o cualquier otra diferencia (Halinen y Järvinen, 2008 / Stainback y Smith, 2005). En el II Plan de Atención a la Diversidad de la comunidad de CyL, se dividen estas metodologías orientadas a la inclusión en las 4 categorías que se exponen a continuación.

Metodologías favorecedoras de la interacción.

Para que todos los alumnos se sientan integrados en el aula y aprendan, tanto de sus compañeros como con ellos, es necesario favorecer la interacción. La mejor metodología de trabajo en el aula en este sentido es el Aprendizaje Cooperativo. A este respecto, se agrupa en el aula a los 24 alumnos en 6 grupos de 4 personas que trabajarán en equipo para la realización de algunas de las actividades propuestas. Se ha escogido este número de componentes en cada grupo porque al ser un número reducido, favorece la interacción también de los más tímidos, mientras que si fuera un grupo aún más pequeño (de 3), podría ocasionar que uno de ellos se sintiera apartado por la tendencia a formar parejas en la comunicación. Los grupos serán heterogéneos y creados por el profesor con el fin de poner a los alumnos con una trayectoria de mayor rendimiento académico con aquellos que tienen menos, para así favorecer que los equipos sean compensados a la hora de realizar competiciones en algún juego, y que se ayuden los unos a los otros. Al trabajar en grupos reducidos se favorece el aprendizaje autónomo y la generación de ideas, siendo necesaria la participación de todos sus miembros para llevar a cabo las actividades, sobre todo en el caso de la obra de teatro (en la que participa toda la clase), y de la resolución del proyecto de *La Bacteria come-hongos*.

Metodologías favorecedoras de la creación.

En esta categoría se pueden incluir dos métodos de enseñanza. Por un lado estarían los proyectos de comprensión inteligente. Este tipo de metodología integra las inteligencias múltiples en el aula, favoreciendo el aprendizaje competencial. En este sentido podrían incluirse las actividades

interdisciplinarios como el uso de analogías (unen ciencia y lengua); así como aquellas que unen el estudio de la Biotecnología con los valores y la ética, con aspectos económicos, y consecuencias de su uso (buenas y malas) para la sociedad. Se favorece así el pensamiento crítico y analítico, con actividades de debate preparado o de diálogo de opinión.

Por otro lado, el aprendizaje basado en problemas, es un tipo de aprendizaje en el cual es importante tanto la adquisición de unos conocimientos como el desarrollo de unas habilidades y actitudes adecuadas (Castrillón, Castro y Camacho, 2014). En este sentido, esta propuesta lo lleva a la práctica proponiendo problemas de la vida real y dando el poder de decisión y de ayuda entre compañeros a los alumnos. De esta manera se hace crecer su implicación, motivación y curiosidad por la asignatura. En esta propuesta se utiliza en el uso de un simulador virtual de un laboratorio de investigación, observando así su aplicación a los ODS al mismo tiempo que se llevan al aula los recursos TIC, atractivos y útiles para los alumnos. También se emplea esta metodología cuando se busca cooperativamente la producción de insulina para curar un caso de diabetes mediante la utilización de la tecnología del ADN recombinante, representándola mediante una dinámica creada por el profesor. Así como en el proyecto de aplicación del método científico *La bacteria come-hongos y el puzzle de ADN*, pues muestra las posibilidades médicas del uso de la Biotecnología mediante el potencial descubrimiento de un antifúngico que puede mejorar la calidad de vida de las personas. Por último, se realizará un problema de manera individual, con su respectiva entrega de un trabajo que lo resuelva, sobre los usos de la PCR.

Metodologías favorecedoras de la metacognición.

La metacognición es el conocimiento sobre los propios mecanismos cognitivos (saber qué sabes, cómo lo sabes, cómo lo aprendes, y qué te falta por aprender). En este sentido estas metodologías trabajarían especialmente la CAA, puesto que se trata de mecanismos para controlar la atención, la memoria, la comprensión, y el pensamiento. Esto favorece la organización y autonomía del alumnado y aumenta su motivación al ser conscientes y autores de su propio aprendizaje.

En esta UD se incorpora una rutina de pensamiento en la cual las sesiones, a pesar de ser bastante variadas, siempre tendrán una estructura cíclica, comenzando siempre con una pregunta general y metacognitiva sobre los contenidos que se trabajarán en dicha sesión. El profesor se despedirá cada día dando respuesta a dicha pregunta y/o pidiendo la reflexión de los alumnos para su contestación, que tendrán que redactarla posteriormente en el foro de *Classroom* con su pequeña reflexión. El profesor cada día, aparte de decir y escribir en la pizarra (para que la tengan presente durante toda la sesión) la pregunta en clase, también la lanza en el foro de *Classroom* para que allí todos contesten sobre lo que han aprendido en cada una de las sesiones. Las preguntas que se realizan en cada sesión vienen especificadas en el apartado 5.8. Temporización y secuenciación. El objetivo de la realización de esta rutina es que los alumnos sean conscientes de la utilidad en su aprendizaje de todas y cada una de las sesiones, que responden a una duda/curiosidad que fácilmente podría plantearse en su día a día.

Las explicaciones que se realicen sobre los contenidos de la UD se realizarán apoyadas sobre una presentación *Genially*, por su versatilidad y atractivo para los alumnos de ESO. Además, ciertos procesos como la transcripción y la traducción se realizarán con la aplicación on-line *Explain everything* (<https://explaineverything.com/>), que permite incorporar imágenes, superponerlas, dibujar, y grabar la pantalla; para explicar procesos tan visuales como los mencionados. Es una aplicación que

se usa habitualmente sobre un soporte de pizarra digital, pero al no poseerlas en el aula donde se contextualiza esta UD, podría hacerse de igual manera desde el ordenador del profesor, que se proyecta en la pizarra a los alumnos. Además, otra forma de favorecer la metacognición y el compromiso es practicar el aula invertida, mediante la petición a alumnos voluntarios de que, tras la explicación del profesor, sean ellos mismos los que también lo expliquen de nuevo con sus propias palabras, usando la misma aplicación desde la mesa del profesor.

Metodologías favorecedoras del compromiso.

Dentro de este tipo de metodologías se engloban aquellas que favorecen el desarrollo de las CSC y del aprendizaje en valores. En este sentido, fomentan el compromiso con el progreso social, y el desarrollo como persona que se relaciona con los demás y con el mundo en el que vive. El objetivo de esta metodología sería por lo tanto el desarrollo de un aprendizaje crítico y de utilidad social. Tanto el debate sobre las implicaciones de la Ingeniería Genética como la dinámica de diálogo sobre la clonación que se proponen, se ubicarían dentro de esta clasificación. Aunque distintas en su estructura, ambas tendrían en común la búsqueda de una opinión personal argumentada con evidencia científica y con principios morales (individuales y/o colectivos).

Enfoques metodológicos orientados al aprendizaje de las ciencias.

Aparte de las MA generales, hay ciertas metodologías que están especialmente orientadas al estudio de las ciencias, y que se proponen también. La motivación (conjunto de factores que determinan en parte la conducta de una persona) puede ser intrínseca o extrínseca, siendo necesaria la generación de ambas en el alumnado. Orientándola al aprendizaje de las ciencias, el primer tipo (intrínseca) estaría relacionado con la curiosidad científica, la necesidad y el deseo de saber más, de descubrir el funcionamiento del mundo y de los potenciales beneficios de este conocimiento. El segundo tipo (extrínseca) en la enseñanza estaría relacionado con las recompensas (materiales o psicológicas), las calificaciones, y la diversión; asociados al aprendizaje de las ciencias. En este sentido, se dividirán algunas metodologías empleadas en esta UD en función de si sirven para fomentar uno u otro tipo.

Metodologías favorecedoras de la motivación intrínseca.

El empleo del método científico es la principal metodología de este tipo, ya que ayuda a la comprensión real del funcionamiento de la ciencia y al aprendizaje significativo. Los ABProblemas en general favorecen este tipo de motivación.

La metodología histórica se emplea en esta UD para contar el progreso que han implicado los avances biotecnológicos en nuestra sociedad y para descubrir el cambio de paradigma que supuso el descubrimiento del ADN y del funcionamiento del dogma central de la biología molecular para la Biotecnología, dando lugar a una mucho más precisa a la par que controvertida: la Ingeniería Genética.

Por otro lado, también se emplea la metodología relacionada con el lenguaje científico cuando se representan analogías, se leen artículos científicos, y se muestra en clase la revista *Science* para demostrar físicamente dónde se publican los descubrimientos científicos importantes.

El progreso de las ciencias naturales no se entendería sin el progreso de las ciencias tecnológicas, especialmente en esta UD, que trata la Biotecnología, un tema que las une completamente. Es por esta razón que el uso de las TIC en esta UD se vuelve fundamental. Además del simulador de

laboratorio virtual, los vídeos divulgativos y las aplicaciones mencionadas, también se visitarán en directo bancos de datos de proteínas y secuencias génicas como PDB (<https://www.rcsb.org/>). Como contenido de ampliación se propone la bioinformática, campo totalmente nuevo que está suponiendo una auténtica revolución en la medicina. También se introduce el nuevo concepto de medicina personalizada.

La Biotecnología también está relacionada con nuevos avances en la agricultura, habiendo muchos profesionales implicados en que un producto transgénico llegue *Del laboratorio a la mesa*. El descubrimiento mediante la representación en una obra de teatro de estos perfiles profesionales dará una idea al alumnado de cuál es la función de cada uno de ellos, sirviendo también como acercamiento al mundo del trabajo. A este respecto, se incluye también la actividad *La bolsa de la compra*, que representa los posibles productos que han podido ser fabricados mediante ingeniería genética, favoreciendo a su vez el aprendizaje visual al tenerlos presentes. Se informará a los alumnos de que siempre que un alimento sea transgénico debe ir correctamente indicado en su etiqueta, pero que los productos reales no necesariamente son transgénicos (se trata de una simulación / representación). El pensamiento visual también se potenciará mediante la creación de unas presentaciones que incluyan imágenes muy descriptivas de los procesos de la Genética Molecular, pero también animadas, humorísticas, que representen los mitos de la sociedad sobre la biotecnología, infografías, etc., favoreciendo un impacto y la reflexión en el alumno. Algunos ejemplos de dichas imágenes vienen, junto con su descripción en el pie de foto, en la Figura 1.



Figura 1. Muestra de 9 imágenes de ejemplo que se incluyen en las presentaciones explicativas. 1. Infografía sobre el mecanismo de acción de *Collimonas fungivorans* (de Boer W. et al. 2004). 2. Captura del uso de *Explain everything* en la explicación de la traducción (Instagram @acon_ciencia). 3. Infografía sobre el descubrimiento de la ingeniería genética. 4. Gráfico del mecanismo de la PCR (<https://esp.labbox.com/>). 5. Infografía para la invitación al descubrimiento de los transgénicos. 6. Infografía contra los mitos de los transgénicos. 7. Infografía de la distribución geográfica de los cultivadores e importadores de transgénicos. 8. Infografía sobre las buenas prácticas agrícolas. 9. Chiste sobre los mitos de los transgénicos. (Las imágenes 3, 5, 6, 7, 8, y 9 son de la página web de ArgenBio (<https://www.argenbio.org/>)).

Metodologías favorecedoras de la motivación extrínseca.

Las recompensas tendrán un papel importante en el fomento de la motivación extrínseca, y están relacionadas con metodologías como el Aprendizaje Basado en el Juego.

Aparte del juego, también intervienen en la potenciación de este tipo de motivación otras metodologías como el fomento de actividades lúdicas y/o culturales con temática de la UD. Se recomiendan una serie de películas de ciencia ficción* para así favorecer un acercamiento del tema a los alumnos a través de actividades que sean de interés para ellos. Las películas invitan a la reflexión de los alumnos sobre los contenidos, siendo la propuesta de visualización de carácter voluntario. De esta manera, si ven alguna de ellas y en el examen exponen una reflexión sobre la misma, tendrán 0.5 puntos extra en la nota final de la UD.

*Lista de películas recomendadas:

- Parque jurásico.
- La isla.
- Spiderman.
- Blade runner.
- Avatar.
- El origen del planeta de los simios.
- Código 46.
- Gattaca.
- Réplicas.
- Mátrix.

Las actividades competitivas también son importantes a este respecto, ya que la victoria frente a sus compañeros genera una recompensa y una satisfacción que se desea conseguir. La competición se puede realizar de manera individual, como en los *Kahoots*, y en el *Quién es Quién*, o de manera grupal como en la actividad *2 verdades – 1 mentira*. El debate no se considera competitivo porque su objetivo no es llegar a una verdad absoluta o un consenso, sino que cada persona reflexione sobre las diferentes posturas frente a la Ingeniería Genética. También se crea en esta UD un sistema de recompensas: los *geneticoins*, que actuarán a modo de moneda falsa que los alumnos tratarán de ir consiguiendo durante las sesiones. Se ganan en las actividades competitivas y presentándose como voluntarios cuando el profesor lo requiera para realizar alguna dinámica o para la resolución de algún ejercicio en la pizarra.

5.7.Actividades

Cuaderno de actividades.

Se trata de un cuaderno con problemas sencillos de aplicación de la teoría aprendida durante las sesiones (Anexo 1) que se puede clasificar como una actividad de síntesis del conocimiento. En ella, se trabajan las competencias CMCT y CAA. Lo realiza el profesor, que es el que deberá seleccionar o crear estos ejercicios y calcular su cantidad y dificultad de acuerdo al nivel de exigencia y disponibilidad temporal. Este cuaderno se entrega impreso a cada uno de los alumnos durante la 1ª sesión de la UD, y se pedirá su entrega completa en la sesión de evaluación o examen. Este cuaderno deberán rellenarlo día a día, tanto en clase como en casa, de acuerdo a las indicaciones del profesor a lo largo de las sesiones, para poder proceder a su entrega en la fecha que se solicita. Tendrá un peso del 10% dentro de la calificación final de la UD.

Los *geneticoins*.

Esta actividad de motivación consiste en un sistema de recompensas que, además, aumenta la competitividad en los juegos y actividades de aprendizaje y la capacidad de negociación durante la actividad *La bolsa de la compra*. Se trata de unas monedas falsas diseñadas y creadas por el docente, que están hechas de cartulina, y que se entregan a los alumnos para premiarles por su buen desempeño durante las sesiones o en actividades concretas (se explicitarán las recompensas en las diferentes actividades). Estas monedas les permitirán, durante la actividad *La bolsa de la compra*, “comprar” los artículos que ofrecerá el profesor, y en esta utilidad de los *geneticoins* residirá su poder motivador. La manera en que se desarrollarán las compras y negociaciones en dicha actividad, se explicará más adelante.



Figura 2. Representación de un *geneticoin* (moneda falsa).

La bacteria come-hongos y el puzle de ADN.

Esta actividad innovadora es un recurso propuesto por el Instituto Holandés de Ecología (NIOO-KNAW) a raíz de uno de sus descubrimientos (de Boer W. et al. 2004), que se puede aplicar a la enseñanza de las ciencias. Esta actividad puede dividirse en dos partes en las que se trabajará de manera diferente, y que en esta propuesta se realizarán en sesiones diferentes.

Fase 1: Planteamiento del problema, formulación de hipótesis, y experimentación.

Se ha descubierto que la bacteria *Collimonas fungivorans* tiene la capacidad de alimentarse de hongos, es prácticamente la única bacteria capaz de hacerlo y no se conoce cómo lo hace. Este será el problema que se planteará a los alumnos durante la primera sesión de esta UD. Para resolverlo, se propondrá a los alumnos la realización en el laboratorio de una práctica para determinar si son ciertos estos descubrimientos. El profesor haría 6 grupos de 4 personas, cuyas características vienen descritas en el apartado 5.6. Metodología para que contaran cada uno de ellos con el guion y los materiales necesarios (Anexo 2) para llevar a cabo en el laboratorio escolar el experimento que se realizó en el Instituto Holandés de Ecología. La fase experimental consistiría en el sembrado de una placa de cultivo control en la que previsiblemente se desarrollaría el hongo con normalidad, y de

otra placa experimental en la que previsiblemente el hongo no crecerá por acción de la bacteria. Se dejará incubar unos días.

Fase 2: Puzzle de ADN, observación de los resultados, interpretación de los datos, y discusión de teorías.

Pasados unos días, el experimento habrá dado sus frutos y, en una sesión diferente, se podrá realizar la segunda parte de esta actividad. En esta fase, es necesaria la utilización del puzzle de ADN creado por Johan Leveau, a quien se contactaría para su compra. Consiste en una serie de cubos de madera que representan las letras de las 5 bases nitrogenadas presentes en el ADN y en el ARN, con los que los alumnos pueden representar:

1. La secuenciación génica: En el juego hay presentes 5 secuencias solapantes que los alumnos, agrupados en los mismos equipos que en la Fase 1, deben alinear para entender la complejidad de la secuenciación génica, y así llegar a una secuencia consenso de ADN.
2. La transcripción génica: La secuencia consenso de ADN debe ser transcrita a ARN para su posterior traducción, por lo que se alinearían cubos de bases complementarias para sacar la secuencia del ARNm. En la versión original del recurso no se crearon estos cubos que incluyen la letra U (uracilo) en su secuencia y que representarían el ARNm, pero sí están presentes en la versión *plus*.
3. La traducción génica: Para esta acción se necesitan los bloques de madera que representan los aminoácidos (aa) y que se alinearían con los tripletes de bases de la secuencia de cubos de ARNm. Los bloques son el triple de grandes que los cubos, lo que supone una ventaja a la hora de la visualización de la correspondencia: un codón – un aa. De esta manera, se hallaría la secuencia de aa de la proteína.



Figura 3. Secuencias solapantes utilizadas para la secuenciación de la hebra de ADN consenso. Imagen por cortesía de Johan Leveau (NIOO-KNAW).

Posteriormente, se traerían del laboratorio y se repartirían a los grupos las placas de cultivo realizadas para observar las diferencias en el crecimiento de los hongos. En principio debería observarse un crecimiento diferencial en aquellas placas que poseen la bacteria come-hongos y las placas control. Se discutirían en clase los resultados del experimento y se llegaría a la conclusión de que la bacteria tiene la capacidad de impedir el crecimiento fúngico. El profesor pega con celo en el encerado la imagen a escala de los mecanismos antifúngicos de *Collimonas* (incluida en el juego) y propone que los grupos (los mismos que se formaron en la Fase 1) se reúnan para proponer hipótesis de cómo esta bacteria podría matar los hongos. Después de esta lluvia de ideas, se comentarían en alto las ideas que ha tenido cada grupo. Por ejemplo: *La bacteria posee el gen que codifica para la proteína quitinasa, que es una enzima que rompe la quitina, principal componente de la pared fúngica.* Después, se daría a los grupos una lista (incluida en el juego) con una serie de

secuencias de aa y el nombre de las proteínas a las que pertenecen, en la cual también vendría indicada la función de estas proteínas y sus mecanismos de acción. Los alumnos deberían encontrar a qué proteína pertenece la secuencia de aa que han sintetizado con el puzzle de ADN y cuál es entonces el mecanismo de acción que tiene para poder matar a los hongos.

Posteriormente, esta sería una buena actividad también para introducir el concepto de Biotecnología, ya que se propondría reflexionar conjuntamente sobre el uso que podríamos hacer de ese descubrimiento. Se concluiría que esa proteína podría usarse como antifúngico para curar enfermedades causadas por hongos patógenos.

Otro uso de este recurso sería observar de manera directa el efecto que tienen las mutaciones en la síntesis de proteínas. También por grupos se propondrían mutaciones génicas en las secuencias consenso del ADN que se han hallado previamente. El profesor pasaría por las mesas y realizaría modificaciones en la secuencia de cubos de ADN, girándolos para representar otra base nitrogenada diferente, eliminando un cubo, o añadiendo otro. De esta manera se pediría a los alumnos que expresaran ese gen de nuevo y se anotarían los resultados en la pizarra. Los alumnos observarían que esas proteínas sintetizadas tras la modificación (mutación) en la secuencia de ADN, son diferentes a la secuencia de aa inicial, que sería la que codifica la proteína de la quitinasa de la bacteria come-hongos. Por lo tanto, al ser una proteína diferente habría que discutir con los alumnos si esa proteína seguiría o no cumpliendo su función y en qué grado lo haría, viendo así la relación directa entre el concepto de mutación y las implicaciones funcionales que estas tendrían.

Ventajas de la actividad.

- Tiene un gran componente de trabajo manual y juego, que favorece la atención y motivación de los alumnos.
- Cuenta con una parte de experimentación que ayuda al trabajo del método científico.
- Implica al alumnado al tratarse de un aprendizaje por descubrimiento.
- Favorece la inclusión al tratarse de un aprendizaje cooperativo.
- Relaciona lo aprendido en el aula con lo que ocurre y se aplica en el mundo real.
- Agiliza la realización de los problemas típicos de expresión génica, mutaciones, y secuenciación.
- Favorece el sentimiento de curiosidad científica y de utilidad (descubren un nuevo antifúngico), teniendo potencial para su enfoque como proyecto de Aprendizaje y Servicio interdisciplinar (los alumnos de otros cursos de la ESO podrían construir los cubos en la asignatura de Plástica).
- Relaciona conocimientos de varios temas de Biología (el trabajo en el laboratorio, la Genética, la Biotecnología, y la Microbiología), permitiendo un enfoque integrado de la UD.
- Favorece la comprensión de la genética mendeliana y de la herencia (UD siguiente) al favorecer la comprensión de la teoría “un gen – una proteína – una función”.
- Trabaja las competencias: CMCT, CAA, y CSC.

2 verdades - 1 mentira.

Es una dinámica para realizar en la fase inicial de la enseñanza en la que se presenta la UD y establecen y analizan las ideas previas de los alumnos alrededor del tema del que trata. Este juego se realiza en los 6 grupos habituales de 4 personas. El profesor dice en alto tres afirmaciones (dos

verdaderas y una falsa) sobre la Genética Molecular y la Biotecnología. Tras ello, los alumnos de un mismo grupo deberán intercambiar sus opiniones e ideas iniciales para llegar a un consenso sobre cuál de las 3 afirmaciones es la falsa. Tras este momento de reflexión (un minuto), el portavoz de cada equipo deberá escribir en una hoja de papel el número 1, 2, o 3 (dependiendo de si su grupo piensa que la afirmación falsa es la 1ª, la 2ª, o la 3ª), y a la cuenta de tres realizada por el profesor, todos los portavoces deberán alzar su hoja. El profesor verá las elecciones de sus alumnos y será capaz de observar las ideas previas que tienen. Para realizar esta dinámica, el profesor necesita haber preparado previamente grupos de 3 afirmaciones. Por cada ronda, todos los equipos que hayan acertado cuál es la afirmación falsa recibirán 4 *geneticoins* (1 para cada miembro del grupo). Con esta actividad, además de establecer las ideas previas de los alumnos, se puede impulsar su motivación por tratarse de un juego ameno para ellos y aumentar su curiosidad mediante el efecto sorpresa que les causa la confrontación de sus ideas. Los alumnos trabajarán las competencias CMCT, CSC, y CAA.

<ul style="list-style-type: none"> - Mediante la ingeniería genética podemos hacer que los cultivos sean resistentes a plagas. - Mediante la ingeniería genética podremos elegir las características de nuestros hijos. - Mediante la ingeniería genética podemos limpiar las aguas residuales.
<ul style="list-style-type: none"> - Cuanto más genes tenga un organismo más complejo es. - Una célula muscular y una célula del estómago tienen los mismos genes. - El ambiente puede influir en la expresión genética.
<ul style="list-style-type: none"> - El arroz tiene más genes que el ser humano. - El síndrome de Down está causado por tener "un cromosoma de más". - Los alimentos naturales son siempre más sanos que los alimentos transgénicos.
<ul style="list-style-type: none"> - Las vacunas de ARN modifican nuestros genes. - El código genético es universal (el mismo para todos los seres vivos del planeta). - Se conoce la secuencia completa de nucleótidos del ADN de una persona.
<ul style="list-style-type: none"> - Las mutaciones causan diversidad genética, lo que conduce a la evolución de las especies. - Las mutaciones causan siempre efectos negativos. - Algunas mutaciones pueden derivar en la formación de un tumor.

Figura 4. Grupos de 3 frases para jugar a 2 verdades – 1 mentira (en **negrita** se muestra la mentira).

Análisis de una situación comunicativa.

Esta actividad es de carácter avanzado debido a la capacidad de abstracción y de relación de conceptos que requiere, y por ello es considerada una actividad de ampliación. También es de carácter interdisciplinar, ya que se tratan en ella contenidos de la asignatura de Lengua y Literatura. Tiene una duración total de aproximadamente 10 minutos en el aula, donde se trabajan las competencias CL, CMCT y CAA. En ella, se realiza la expresión de un mensaje lingüístico y la expresión de un mensaje genético.

En primer lugar, el profesor pedirá dos voluntarios con los que representará la expresión del mensaje lingüístico. El profesor sacará el libro *Don Quijote de la Mancha* y pide al Voluntario 1 que imagine que sus compañeros no saben leer y le pregunta cómo haría para que entendieran lo que pone en el libro. Como respuesta, el Voluntario 1 procedería a la lectura de la primera oración del libro. Después el profesor se dirigirá al Voluntario 2 y le pedirá que imagine que sus compañeros no entienden el castellano, que debe decírselo en inglés. A esto, el Voluntario 2 seguramente diga que desconoce cómo se dicen en inglés alguna de las palabras que forman la primera oración del libro *Don Quijote de la Mancha*. El profesor le pedirá que copie la frase en el

traductor de Google y el Voluntario 2 lo hará, permitiendo que los demás puedan ver su traducción en inglés al estar proyectada la pantalla del ordenador para toda la clase. Posteriormente el profesor pedirá un tercer voluntario (Voluntario 3) y pedirá al resto de la clase que imaginen que este voluntario desea llevarse una copia del libro a su casa y les preguntarán qué harían para que esto sucediera. A esto los alumnos contestarían que harían una fotocopia del libro entero en la fotocopidora del colegio.

En segundo lugar, el profesor, para representar la expresión del mensaje genético, escribirá en la pizarra una secuencia de bases de ADN e indicará en ella sus polos 5' y 3'. Después pedirá al Voluntario 3 que escriba la secuencia de bases complementarias que tendría su respectivo ARNm. Posteriormente, el profesor buscará una imagen del código genético y permitirá al Voluntario 3 consultarla para así alinear con los codones del ARNm los respectivos aa de su traducción a proteína teniendo cuenta el codón de inicio y el codón de STOP (típico ejercicio de expresión génica). Por último, el profesor dirá que esa secuencia de aa es una porción de una proteína cuya función es ser una enzima que añade grupos fosfato a las moléculas (una quinasa). Los 3 voluntarios recibirán 3 *geneticoins* como premio a su participación.

Tras haber observado estas dos situaciones comunicativas, el profesor pide a sus alumnos que rellenen en su cuaderno de actividades los elementos que las conforman. Dentro del cuaderno de actividades vienen especificados los elementos comunicativos que se solicitan y la solución del ejercicio, evaluándose conjuntamente con el resto de actividades presentes en el Cuaderno.

Quién es quién de las mutaciones.

Las mutaciones (espontáneas o artificiales) en el ADN de un ser humano (a nivel génico, cromosómico o genómico) pueden ser perjudiciales y causar enfermedades, que pueden ser somáticas y no transmitirse a la descendencia, o germinales y sí transmitirse a la descendencia. Para aprender a clasificar cada enfermedad genética puede utilizarse el juego, y en este caso se ha seleccionado el *Quién es quién*. Para realizar esta dinámica, que tiene el fin de sintetizar y aplicar los contenidos ya aprendidos, se precisará del recurso del creador de contenido @acon_ciencia (Instagram) <https://drive.google.com/file/d/1Bp8J8o9lsPiz8hLvAIajSKICPTgY5uk9/view?usp=sharing> en el que aparecen 20 tarjetas con una imagen y una descripción de una enfermedad genética con un diseño atractivo. El profesor antes de la sesión aislará cada una de las tarjetas y reducirá su tamaño al de un *post-it* aproximadamente para permitir que sus alumnos puedan pegárselo en la frente al jugar sin ningún problema, y además las plastificará en la máquina plastificadora del colegio. Se realizarán 6 copias de cada una de las tarjetas, ya que los alumnos volverán a estar divididos en sus grupos habituales de 4 personas. Los alumnos en sus grupos pondrán en el centro de la mesa boca abajo las tarjetas plastificadas y elegirán una aleatoriamente. Cada uno de los grupos tendrá celo en su mesa para coger un cacho y pegarse la tarjeta en la frente, de manera que un alumno no podrá ver qué enfermedad le ha tocado, pero sí podrá verlo el resto de sus compañeros.

La dinámica del juego es la siguiente: Un alumno debe realizar una pregunta que se responda con sí o no en relación a las mutaciones para descartar aquellas enfermedades que no se correspondan con la que le ha tocado. Por ejemplo: *¿mi enfermedad está relacionada con los cromosomas sexuales?* A lo que sus compañeros responderán *no*, y el alumno tachará de su lista de enfermedades genéticas presente en el Cuaderno de actividades (Anexo 1), el síndrome de Turner, el síndrome de Klinefelter, y el síndrome de Jakob. Si por el contrario dijeran *sí*, el alumno debería tachar todas

menos las mencionadas, y tendría la oportunidad de realizar otra pregunta. Después de esta segunda pregunta, independientemente de si la respuesta es negativa o afirmativa, el turno pasa al siguiente alumno para agilizar la dinámica. La lista de enfermedades cuenta con varios cuadrados al lado de cada enfermedad para poder así realizar varias rondas del juego. Una ronda terminará cuando los 4 miembros del equipo hayan adivinado su enfermedad. Al término de una ronda, los alumnos del grupo volverán a poner sus tarjetas en el centro boca abajo, volverán a mezclarlas, y volverán a coger una tarjeta aleatoriamente y a pegársela en la frente para empezar otra ronda de nuevo. El primero en haber adivinado su enfermedad en la ronda anterior será el primero al que le toque el turno en la nueva ronda. Se jugará a este juego durante unos 10-15 minutos, en los cuales se trabajarán las competencias CMCT y CSC.

Diagnóstico de Covid-19.

El ABProblemas será trabajado en casa mediante la realización de un trabajo individual que será entregado por *Classroom* en formato Word o PDF, y que tendrá como fecha límite el día del examen a las 23:59. Será una actividad de aplicación de la teoría y síntesis de los contenidos que consistirá en una serie de ejercicios relacionados con la técnica PCR en los que los alumnos deberán no solo conocer la propia técnica de la PCR y sus aplicaciones, sino razonar sobre su protocolo habitual, realizando cálculos y diseños sobre los materiales necesarios, predicciones sobre sus resultados, etc (CMCT). El objetivo del trabajo será resolver una serie de cuestiones para conseguir realizar un diagnóstico de Covid-19 a una persona sospechosa de padecerlo. También deberán indagar en internet (CD) ejemplos concretos de casos en los que se emplee esta técnica, ya que en clase sólo se mencionarán sus usos generales. De esta manera, integrarán todo lo aprendido sobre la técnica, sus protocolos, sus usos, y su complejidad en un único trabajo (Anexo 3); cuyas preguntas, instrucciones, formato, y pasos para su realización serán bastante dirigidos por el profesor. Este proyecto tendrá un peso del 10% en la nota final una vez se haya entregado.

La idea es subir a *Classroom* el planteamiento del problema y dedicar cada día unos minutos al iniciar cada sesión para preguntar a los alumnos sobre la realización del trabajo, sus dudas, sus necesidades, etc. Se animará a que los alumnos vayan compartiendo sus impresiones, hipótesis, fuentes de información utilizadas... con el resto de la clase para así favorecer la ayuda entre compañeros (CSC). El profesor también se mostrará abierto a recibir preguntas y corregir partes del trabajo en cualquier momento por el chat de *Classroom* si así lo solicita alguno de sus alumnos. En este sentido, el ejercicio de disciplina, organización, trabajo y creatividad lo tienen que hacer los alumnos (CIE), mientras que el profesor está para ayudarlos en los aspectos más técnicos del mismo. Mediante esta actividad se introduce en esta propuesta un elemento que favorece la autonomía del estudiante, que debe tomar conciencia de su propio proceso de aprendizaje para convertirse en su protagonista (CAA). El alumno trabajará desde un Documento *Google* que el profesor podrá observar y hacer un seguimiento más personalizado de aquellos alumnos que más lo necesiten, proporcionándoles pistas o materiales complementarios de refuerzo para su resolución.

¿Cómo curar la diabetes con ingeniería genética?

Esta dinámica de 40 minutos de duración tendrá la finalidad de ayudar a los alumnos a entender y representar la técnica del ADN recombinante de una manera integrada (desde la detección del ADN de interés, hasta el aislamiento y empaquetamiento de la proteína de interés, pasando por todos los pasos previos que constituyen los procesos de la tecnología del ADN recombinante). Se trabajarán

las competencias CMCT, CAA, CSC, y CIE. Será un juego de competición por equipos. Primero 3 de los 6 equipos formados deberán completar el desafío y llegar a sintetizar y aislar la proteína de la insulina para así poder ayudar a un paciente con diabetes. El que primero lo consiga de esos 3 grupos, recibirá una recompensa de 20 *geneticoins*, que serán repartidos equitativamente entre sus 4 integrantes (5 *geneticoins* para cada uno). El grupo que consiga terminar la prueba en segundo lugar recibirá 12 *geneticoins* para repartirlos entre sus miembros, y el grupo restante recibirá 4 (uno para cada miembro), pero todos deben completar el desafío completo. El profesor controlará que ningún equipo se salte ningún paso necesario para llevar a cabo la técnica del ADN recombinante. Si se equivocan en alguno de los pasos tendrán que repetir ese paso hasta realizarlo correctamente. Los 3 grupos que no participen durante la primera competición podrán repasar la teoría de la ingeniería genética, el ADN recombinante y las enzimas de restricción para poder realizar la prueba de una manera más rápida y efectiva y así ganar la competición. Cuando los 3 primeros grupos hayan terminado, realizarán la misma actividad los otros 3 grupos, compitiendo también entre ellos, y recibirán las mismas recompensas. Los grupos que ya hayan participado la primera vez podrán animar y ayudar a los compañeros que en esos momentos están compitiendo. Los recursos necesarios para realizar esta dinámica que se mencionarán están especificados en el apartado 5.9. Recursos.

La dinámica paso a paso.

1. **Breve introducción:** Al tratarse de una actividad de trabajo de un aprendizaje ya adquirido en una sesión anterior, no será necesario explicar la teoría de nuevo, pero sí la dinámica del ejercicio. El profesor les comentará que deben ayudar a un paciente con diabetes a conseguir insulina y que deben usar la tecnología del ADN recombinante para ello. Posteriormente, les explicará los pasos que deben completar correctamente para resolver el desafío.
2. **Localización del gen de la insulina y elección de la enzima de restricción:** Los alumnos, en una secuencia de bases de un cromosoma lineal (Figura 6) deberán localizar y colorear el gen de interés (de color verde). Lo conseguirán si miran en el panel informativo (Figura 5), que estará pegado con celo en el encerado de la clase, y en el que viene indicada la secuencia de bases de la insulina (es ficticia, con el fin de poder aplicarlo a esta dinámica).
3. **Elección de la enzima de restricción:** Los alumnos buscarán en el cromosoma lineal los sitios de restricción de las dos enzimas propuestas y tendrán que escoger la que más se ajuste a sus objetivos. Los sitios de restricción de dichas enzimas se especifican en el panel informativo y ambos están presentes en la secuencia de bases del cromosoma lineal. La respuesta correcta será que necesitan la enzima de restricción 1, ya que es la que corta por los extremos del gen de la insulina, y si se cortara con la enzima de restricción 2 se cortaría el gen de interés por la mitad, quedando inservible. Cuando el grupo elija qué enzima es la correcta, irán a la mesa del profesor y le dirán al oído (para que no se enteren sus contrincantes) qué “tijeras” (enzima de restricción) quieren.
4. **Corte del cromosoma lineal:** Sólo cuando el profesor reciba una respuesta correcta y adecuadamente argumentada, les dará unas tijeras, con las que podrán recortar el cromosoma lineal por sus sitios de restricción, que en este caso dará lugar a extremos cohesivos.
5. **Elección del vector de clonación:** Se proponen dos vectores de clonación (Figura 7), y se instará a los alumnos a que elijan el más adecuado para realizar la clonación del gen de interés. En el panel informativo viene la secuencia de bases del gen de resistencia al

antibiótico 1 y la secuencia del gen de resistencia al antibiótico 2. Los alumnos por equipos deberán buscar en ambos plásmidos los genes de resistencia a antibióticos, pintarlos de azul, y elegir el vector que mejor les venga para completar su desafío. El plásmido 1 contiene el sitio de restricción en medio del gen de resistencia, por lo que sería un vector inservible ya que el gen de resistencia no se expresaría después de que se le hubiera ligado el gen de la insulina. El plásmido 2 sería el adecuado en este caso, ya que tiene el gen de resistencia alejado del sitio de restricción, donde se colocaría el gen de la insulina, y por tanto se expresarían ambos genes. Cuando hayan elegido el vector de clonación deberán “digerirlo” (cortarlo) con la misma enzima de restricción con la que han “digerido” el cromosoma lineal (en el mismo sitio de restricción), quedando de nuevo extremos cohesivos.

6. **Unión del gen de interés al vector de clonación:** Los alumnos disponen de barras de pegamento con una pegatina en ellas que pone “ligasa”. Con esta enzima pegarán los extremos cohesivos del fragmento del cromosoma lineal y los extremos del cromosoma circular cortado. De esta manera volvería a quedar un cromosoma circular o cerrado, que constituiría el plásmido (vector) deseado.
7. **Incorporación del vector de clonación en bacterias:** Los alumnos, con el vector de clonación terminado, irán a la mesa del profesor, pondrán su plásmido en una bacteria (Figura 8), y le dirán al oído al profesor qué antibiótico prefieren para el cultivo de sus bacterias recombinantes (el antibiótico 2 si han resuelto adecuadamente los dos pasos anteriores). Ante una respuesta correcta, el profesor les dará las piezas del puzle de ADN (descritas con anterioridad en la actividad *La bacteria come-hongos y el puzle de ADN*).
8. **Expresión del gen de interés:** Con las piezas del puzle de ADN, el equipo formará la secuencia de bases del ADN de la insulina. Tendrán que prestar atención a cuál de las dos hebras de ADN es la cadena molde, ya que el ARNm que de ella resulte, deberá poseer el codón de inicio para poder ser traducido. Cuando la cadena molde de ADN haya sido representada mediante el alineamiento de los cubos de madera, se procederá a su transcripción mediante los cubos de madera de bases de ARN. Por último, se procederá a la traducción del transcrito mediante el alineamiento de bloques de madera de aa.
9. **Aislamiento y empaquetamiento del producto final:** Los alumnos habrán descubierto la secuencia de aa de la insulina (ficticio). El siguiente paso será su escritura en una tira de papel y posterior embotellamiento en un tarro de cristal. Este recurso lo aportará el profesor. Después de haberlo embotellado, se lo llevarán al docente y éste comprobará que la secuencia es la correcta, y será ese el momento en el que el equipo habrá completado el desafío.

PANEL INFORMATIVO.

Gen de la insulina (secuencia de bases de una de las hebras de ADN): **ATGACCTTTGGGTGCTAG**

Enzima de restricción 1:

```

A G C A
T C G T
  
```

Enzima de restricción 2:

```

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

Gen de Resistencia a antibiótico 1:

AAGCACTAT
TTCGTGATA

Gen de resistencia a antibiótico 2:

AGGGGGTTG
TCCCCAAC

Figura 5. Panel informativo con los datos necesarios para el desarrollo de la dinámica.

```

3' ACCAGCATACTGGAAACCCACGATCAGCAAT 5'
5' TGGTCGTATGACCTTTGGGTGCTAGTTCGTTTA 3'
  
```

Figura 6. Cromosoma lineal que contiene el gen de interés (en verde y amarillo), y los sitios de restricción para la enzima de restricción 1 (en rosa) y para la enzima de restricción 2 (en amarillo). Los alumnos lo reciben en blanco.

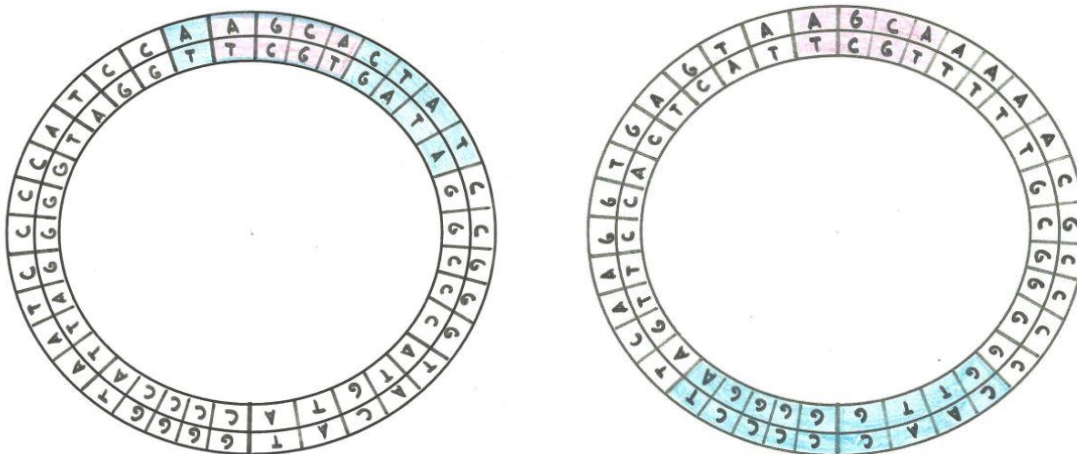


Figura 7. Vectores de clonación con el gen de resistencia al antibiótico 1 (izquierda) y al antibiótico 2 (derecha), ambos en azul. En rosa se encuentra coloreado el sitio de restricción 1. Los alumnos lo reciben en blanco.

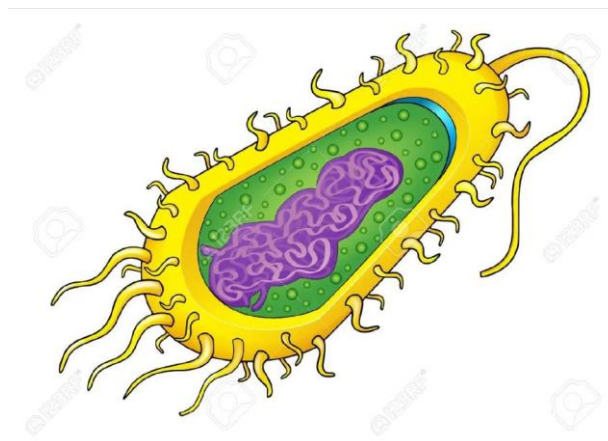


Figura 8. Imagen de la bacteria donde se colocará el vector de clonación.

Del laboratorio a la mesa.

Este es el título de la obra de teatro que los alumnos de la clase en conjunto deberán practicar y representar durante el desarrollo de la UD, dedicándose dos medias sesiones a ella, una a su ensayo y otra a su realización. Ambas sesiones se llevan a cabo en el aula habitual, siendo solamente necesario la redistribución de las mesas para aumentar el espacio de movimiento disponible, ocupándose de ello el profesor. Se trata de una actividad de desarrollo en la que el alumno descubrirá mediante su implicación en una representación teatral colaborativa el funcionamiento de la industria biotecnológica en su aplicación a la agricultura. Se realizará representando el caso concreto del maíz Bt, variedad transgénica que desató grandes polémicas hace una década y, en ella, se representarán los diferentes profesionales involucrados en la llegada del producto “*del laboratorio a la mesa*”, es decir, desde la idea innovadora hasta el consumo en los hogares españoles. De esta manera, además de aprender sobre la Biotecnología verde, el alumno trabajará sus competencias CL, CMCT, CAA, CSC, CIE, y CEC, siendo una de las actividades más completas en este sentido, diseñadas en la presente propuesta. Para la evaluación de esta actividad, que tendrá un peso del 10% en la nota de la UD, se utilizará una lista de control por sus ventajas de anotación rápida en un contexto dinámico (la representación de la obra de teatro).

El profesor será el encargado de diseñar las escenas y los personajes (Anexo 5) necesarios para la representación, el cual le llegará vía *Classroom* a toda la clase, junto con su asignación a un determinado personaje, elegida por el profesor al azar. Los alumnos por su parte deberán memorizar sus frases, dispuestas en el guion, y practicarlas junto al resto de sus compañeros el día del ensayo, donde el profesor les dará indicaciones de interpretación y de materiales necesarios para la obra. Los alumnos, el día de la representación final, deberán traer la indumentaria adecuada y tener sus frases trabajadas, ya que la representación será filmada por el docente para posteriormente ser subida a las redes sociales del colegio. Para esta acción es necesaria la autorización de los padres de cada uno de los alumnos, documento que debieron firmar al inicio del curso. En el caso concreto del aula a la que se dirige esta UD, todos y cada uno de los tutores legales de los alumnos que la forman autorizaron. La redacción de la autorización, así como la atención a su tramitación son competencia de la secretaría del centro en el momento de formalización de la matrícula, previo al inicio del curso.

Utilizar la fotosíntesis para producir biocombustible y reducir la contaminación.

Labster es una empresa que posee laboratorios virtuales en los que realizar simulaciones de experimentos como si se tratara de una investigación en un laboratorio real, en las que siempre se expone un problema que el jugador debe resolver. Se habla de jugador porque los laboratorios poseen dinámicas de videojuego, con gráficos e hilo argumentativo de gran calidad (Figura 9). Este hecho dota de un gran atractivo y poder motivador al recurso a los ojos del alumno de 15-16 años. Estos laboratorios no son de uso gratuito y libre, por lo que se debería hacer una petición a la tesorería del centro para comprar la licencia para su utilización en diferentes asignaturas de la rama de las ciencias (FyQ, ByG, matemáticas, y tecnología). En caso de tener este recurso disponible, en esta UD se propone utilizarlo como actividad de desarrollo (no será calificada) para la enseñanza de la Biotecnología gris, y para ello se ha seleccionado el laboratorio virtual llamado “*Extracción de pigmentos: Uso de la fotosíntesis para producir biocombustible y reducir la contaminación.*” (<https://www.labster.com/simulations/pigment-extraction/>) en su versión en castellano. Se tarda unos 45 minutos en realizar el problema propuesto en el laboratorio virtual, que será completado

por los alumnos en el aula de informática (previa comunicación de su uso al centro), tras una explicación inicial de los usos de la Biotecnología en la conservación del medio ambiente.

Argumento y dinámica de la simulación.

1. **Planteamiento del problema:** Se muestra la importancia de la contaminación en Alaska debido al calor y CO₂ producidos por una central energética de carbón, y la eutrofización de las aguas producida por la presencia de una gran piscifactoría.
2. **Formulación de una hipótesis:** El alumno se involucra en una investigación para intentar dedicar esos productos contaminantes, junto con la luz solar, a la producción de biocombustible gracias al uso de pigmentos fotosintéticos procedentes de unas algas negras que han sido descubiertas.
3. **Parte experimental:** El alumno deberá identificar en qué parte de la célula del alga se localizan los pigmentos, y deberá elegir los disolventes adecuados para la extracción en función de sus características químicas. Se usará la centrifugadora, el nitrógeno líquido y el espectrofotómetro, para extraer los pigmentos y medir su espectro de absorbancia.
4. **Conclusiones:** Se determinará el espectro de la luz absorbible por las algas negras y si estas son un recurso conveniente para la producción de biocombustible y la reducción de la contaminación, llegando así a resolver el problema inicialmente planteado.



Figura 9. Imágenes del laboratorio virtual de biotecnología y biorremediación (por cortesía de *Labster*).

Ventajas de la actividad.

- Es la actividad con la que mayormente se trabaja la CD dentro de esta UD.
- Permite al alumno unir aprendizaje y aplicación a un problema real.
- Familiariza con las técnicas, materiales y máquinas típicos de laboratorios de investigación biológica y que difícilmente pueden utilizarse en un laboratorio de un centro de la ESO.
- Permite equivocarse dentro del juego y repetir hasta llegar a una solución.
- Aumenta la atención y la motivación del alumno.

La bolsa de la compra.

Esta actividad, que ocupará la totalidad de una sesión, tendrá como finalidad el desarrollo y aprendizaje de los contenidos de la Biotecnología amarilla. Será el punto final del sistema de recompensas de los *geneticoins*, pues la utilidad final de estos será su gasto en la actividad que a continuación se describe. En esta sesión el profesor llevará al aula una bolsa de la compra similar a las presentes en cualquier supermercado, para simular la compra de productos cotidianos. El profesor sacará los artículos (especificados en el apartado 5.9 Recursos) encima de unas mesas puestas en fila a modo de mostrador y presentará la actividad, indicando el posible uso de la

Biotecnología en el sector industrial y mostrando físicamente algunos ejemplos de productos concretos para que los alumnos sean conscientes de la cotidianidad de este sector (CMCT y CAA). El profesor, previamente a la realización de esta dinámica, compra los productos que se van a utilizar, que son todos de bajo coste o gratuitos. También diseña unas pegatinas (Figura 11) que pegará en cada uno de los productos, en las que se indica el papel que ha tenido la Biotecnología en su producción.

Tras esta breve introducción, el profesor explica las normas de las compras y las negociaciones que se pueden realizar, para favorecer que los alumnos compartan entre ellos, se ayuden, cooperen, y se comporten como equipo; atendiendo también a sus deseos individuales, y de esta forma trabajando la asertividad, la CSC, y la CIE. Cada artículo tendrá un precio (en *geneticoins*, indicado en la pegatina), que el alumno deberá pagar para adquirir. Una de las normas es que nadie puede quedarse sin haber comprado nada y que, si hay alguien al que le falte producto, otra persona deberá ofrecerse para comprar el artículo a medias con él. Otra de las normas será que algunos productos alimenticios serán degustados entre todos en la segunda parte de la sesión, pero que necesitan ser comprados para poder ser probados. Respecto a lo demás, les dará total libertad para hacer tratos y negocios con el fin de que cada uno compre el objeto que desee. Durante esta actividad, el profesor realizará una evaluación por observación del comportamiento y las actitudes de cada uno de los alumnos.

Con posterioridad, cuando cada uno de los alumnos haya adquirido su producto, el docente preguntará por uno de los artículos, y el alumno que lo haya comprado levantará la mano y leerá la etiqueta (pegatina) con información sobre su origen biotecnológico. El docente instará a los demás compañeros a hacer preguntas sobre el dato que acaban de escuchar, y posteriormente apuntará en la pizarra el tipo de industria a la que pertenece dicho producto (alimentaria, farmacéutica, textil, química...) para que de ello se pueda aprender la diversidad industrial en la que puede usarse la Biotecnología. Realizará esta acción con todos los productos con etiqueta presentes en el aula. Es en estos momentos cuando se llegaría al ecuador de la sesión.

Después habría una sesión de repaso, puesta en común y resolución de dudas (sobre los contenidos o sobre las tareas pendientes), que se realizaría mientras comen entre todos algunos productos que el docente ha llevado al aula. Los objetos que se comerían serían: los snacks de maíz, el queso, los yogures, y los plátanos. El profesor llevaría al aula algunas cucharillas de plástico para los alumnos que hubieran comprado los yogures, y algún plato de plástico donde poder servir los snacks de maíz y ofrecerlos a todo el grupo. Como esta actividad implica la ingestión de alimentos, en una sesión anterior el profesor debió haber preguntado a los alumnos, uno por uno, sus alergias, intolerancias, y requerimientos nutricionales especiales.

Dinámica de diálogo sobre la clonación.

Esta dinámica de ampliación de los contenidos relacionados con la clonación terapéutica y reproductiva, trabaja, al igual que la siguiente “*Ingeniería genética: ¿a favor o en contra?*”, los aspectos reflexivos y críticos de la UD que se describieron en apartados anteriores, favoreciendo así el desarrollo de la CMCT, la CAA, y la CSC. Para llevarla a cabo se diseñan 5 cartas que poseen una afirmación de opinión con la que los alumnos pueden estar de acuerdo o no, y otra afirmación que contiene información adicional objetiva que puede ayudar a explicar o juzgar la afirmación de opinión. Cada una de las 5 cartas está relacionada con un riesgo del uso de la clonación terapéutica

o de la clonación reproductiva: ecológico, sanitario, social, ético, y legal. El profesor lee en alto tanto la afirmación de opinión como la afirmación del hecho objetivo, a lo que los alumnos podrán intervenir libremente previo alzamiento de la mano, diciendo si está de acuerdo o no con la opinión que se ha leído y por qué y pudiendo añadir lo que se considere oportuno. La actividad durará unos 10 minutos (2 minutos de diálogo por carta), y se evaluará a los alumnos por observación.

<p>“No es ético crear animales modificados genéticamente para extraerles los órganos y trasplantarlos a seres humanos.”</p> <p>La introducción de un gen nuevo en un organismo para cambiar sus propiedades y las de su progenie se denomina transgénesis. Por ejemplo, la transgénesis en cerdos permite obtener órganos para su trasplante a seres humanos.</p>
<p>“Es inmoral seleccionar e implantar sólo embriones “perfectos” para el tratamiento de la esterilidad. No deberíamos determinar nosotros si presentan predisposición a sufrir enfermedades no mortales, debería hacerlo la naturaleza.”</p> <p>La selección de embriones o “diagnóstico genético preimplantacional” es una tecnología que permite que los padres seleccionen ciertas características del feto, incluso antes del inicio de la gestación.</p>
<p>“Si un niño sufre una enfermedad incurable y no existen donantes de células sanas, los padres deberían poder seleccionar un embrión (su futuro hermano o hermana) que tenga las células sanas para poder trasplantárselas.”</p> <p>Un “bebé medicamento” es un bebé que nace con unos órganos o células que son trasplantados a un hermano o hermana que sufre una enfermedad mortal como el cáncer o la anemia de Fanconi, cuyo tratamiento óptimo es el trasplante de células madre.</p>
<p>“La obtención de células madre humanas para fines terapéuticos por transferencia nuclear (o “clonación terapéutica”) no plantea ningún problema ético. Puede ayudar a tratar y prevenir enfermedades, y por ello hay que fomentarla por todos los medios.”</p>
<p>“Si se hacen suficientes pruebas para demostrar que no plantea ningún riesgo, no existe razón alguna para que los científicos no puedan crear especies totalmente nuevas generando su secuencia genética”</p> <p>La biología sintética consiste en el diseño y la creación de funciones y sistemas biológicos nuevos inexistentes en la naturaleza.</p>

Figura 10. Cartas para la *Dinámica de diálogo sobre la clonación*. La frase en **negrita** contiene la opinión y la frase que se encuentra debajo contiene la información para poder juzgarla.

Ingeniería genética: ¿a favor o en contra?

Como término de la UD previo a la realización del examen, se realizará durante la sesión, tanto la representación de la obra teatral *Del laboratorio a la mesa*, como el debate *Ingeniería genética: ¿a favor o en contra?* Esta actividad consistiría en la síntesis de los contenidos de toda la UD (en especial los relativos a la Bioética) y la aportación de opinión y reflexión por parte de los alumnos como sujetos activos en su aprendizaje. Para la realización de dicho debate, previamente a la puesta en marcha de la UD, el profesor debe subir a *Classroom* el material necesario para que los alumnos puedan defender una postura u otra de manera crítica. Esto favorece la capacidad de investigación, indagación, y contraste de fuentes en ellos. En esta actividad, como en la de *Dinámica de diálogo sobre la clonación*, se trabajarán la CMCT, la CAA, la CSC, y en este caso también la CD.

Los alumnos, el día en que les toque debatir, deberán llevar preparada una defensa de una postura tanto a favor como en contra del uso de la ingeniería genética, ya que el propio día del examen se dividirá aleatoriamente a los alumnos en 2 grupos (12 y 12) y a cada grupo se le asignará, también aleatoriamente, una postura en cuanto al tema. Esto favorecerá la empatía y comprensión de posturas contrarias a la propia. El debate durará en total 30 minutos, realizándose en 2 tandas, cada una de 15 minutos. En la primera participarán la mitad de los alumnos (6 de cada postura), a los que

se les plantearán problemas y preguntas en relación a los usos de la ingeniería genética; mientras sus compañeros, que no están participando, les coevalúan mediante una rúbrica presente en su Cuaderno de actividades (Anexo 1). Cada alumno tendrá que evaluar a uno de sus compañeros con los que comparte postura asignado al azar por el profesor. Cuando haya terminado el primer debate (15 minutos), los alumnos que estaban debatiendo se intercambian el rol con los alumnos que estaban coevaluando, y se realizará otro debate de 15 minutos, pero con preguntas diferentes. Por su parte, el profesor evaluará la sesión por observación.

La dinámica del debate será la siguiente: El profesor lanza una pregunta, a la que debe responder por sorteo uno de los dos equipos primero, aportando su opinión. Podrá hablar como máximo durante un minuto, tras el cual el profesor le cortará, y dará voz al otro equipo. Los integrantes de cada equipo deben mostrar predisposición e iniciativa para participar y hablar en el debate, ya que esto será coevaluado por sus compañeros, pero esto no se controlará por parte del profesor, sino que las intervenciones serán bajo iniciativa de cada alumno. El profesor sólo plantea un tema o pregunta, pero no dará su opinión ni corregirá datos falsos que se aporten, tendrá mero papel moderador. Deben ser los propios alumnos, de manera autónoma, los que se den cuenta de los fallos y/o incongruencias y debatan o rebatan de manera argumentada y científica. Por otro lado, las intervenciones siempre se realizan mostrando respeto, tolerancia y escucha activa, y si no fuese así, el profesor llamaría la atención a quien no lo hiciera.

Preguntas planteadas.

Primera tanda:

- Reproducción asistida, congelación, y selección de embriones: ¿eugenesia?
- La ingeniería genética: ¿problema para el medio ambiente o solución?
- La terapia génica: ¿debe ser utilizada para tratar problemas psicológicos o psiquiátricos?

Segunda tanda:

- Información genética personal: ¿debe ser legal su comercialización?
- Diagnóstico genético prenatal: ¿debe utilizarse con vistas a una posible interrupción del embarazo?
- Transgénicos: ¿debe prohibirse su uso en alimentación?

5.8. Temporización y secuenciación.

Para organizar la temporización y las actividades que se explican en esta UD se toma como referencia el establecimiento en la ORDEN EDU/362/2015 de las horas lectivas de la asignatura de ByG para el 4º curso de la ESO, que en este caso serían 4 sesiones de 50 minutos a la semana. Esta UD “*La información genética*” se enmarcaría dentro del primer trimestre, en general, el más extenso de los tres, y en él se enseñaría el Bloque 1 “*La evolución de la vida*” (el más extenso en este nivel) contemplado por el currículo oficial. Al ser la 2ª UD en impartirse, se comenzaría aproximadamente a mediados de octubre, y tendría una duración de 3 semanas completas (12 sesiones), sin incluir la fase preparatoria no lectiva del profesor. A continuación se muestra una tabla con la secuenciación de las sesiones y su correspondencia con las diferentes fases del proceso educativo. En cada una de las sesiones se indican los contenidos que se trabajan y qué acciones y actividades deben realizar, tanto los alumnos como el profesor, para llevar a cabo la UD.

Tabla 2. Relación entre las fases del proceso educativo, las sesiones, los contenidos, y las actividades.

Fase	Sesión	Contenidos	Descripción de la sesión y actividades*
Preparatoria	-	-	El profesor valora la propuesta, su secuenciación, los recursos y materiales necesarios, creará los instrumentos de enseñanza y los de evaluación, se familiarizará con el contenido y con los recursos TIC, y adaptará la propuesta al contexto de aula.
Inicial	1	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de ideas previas. • Aplicación del método científico: fase de formulación de hipótesis y experimentación. • Concepto de gen. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Cuánto sé sobre genética molecular y biotecnología?</p> <p><u>1ª mitad de la sesión:</u> Se realiza la primera parte de la actividad <i>La bacteria come-hongos</i> (explicación del problema, formulación de hipótesis, y experimentación).</p> <p><u>2ª mitad de la sesión:</u> El profesor reparte los cuadernos de actividades, explica lo que se va a trabajar en la UD, cómo se va a trabajar, y cómo se va a evaluar. Se juega a <i>2 verdades – 1 mentira</i>. Se explica el concepto de gen y los conceptos introductorios.</p> <p><u>El profesor tras la sesión:</u> Sube a <i>Classroom</i> el guion de <i>Del laboratorio a la mesa</i>.</p>
	3	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto de mutación. • Implicaciones en las enfermedades genéticas y en la evolución. • Clasificación de las mutaciones. • Concepto de biotecnología. • La biotecnología tradicional: técnicas. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Se cometen errores al expresar los genes? - ¿Podemos utilizar a los seres vivos para nuestro provecho?</p> <p>Clase magistral de explicación de los contenidos. Se intercala la exposición con presentación, con la pedida de voluntarios para realizar algún ejercicio conjunto en la pizarra. Se explica la historia de la Biotecnología. Se propone la visualización de películas relacionadas con la Genética.</p> <p><u>El profesor tras la sesión:</u> Sube a <i>Classroom</i> la lista con las películas recomendadas.</p>
	4	<ul style="list-style-type: none"> • La biotecnología tradicional: aplicaciones y diferencias con la biotecnología moderna. • Concepto de ingeniería genética. • Los OMG y los transgénicos: diferencias. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Ha sido la biotecnología la misma desde la antigüedad hasta nuestros días?</p> <p>Se explican los contenidos alternando la exposición con competiciones en <i>Kahoot</i>.</p> <p><u>Últimos 15 minutos:</u> Juego <i>Quién es quién de las mutaciones</i>.</p>
	5	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de la ingeniería genética: la hibridación, la secuenciación, la PCR, las mutaciones de origen artificial. • Aplicación del método científico: fase de observación de los resultados y discusión de teorías. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Qué conclusiones puedo sacar de nuestro experimento?</p> <p><u>1ª mitad de la sesión:</u> Explicación de las técnicas de hibridación, secuenciación, PCR, mutaciones de origen artificial y ADN-recombinante y corrección de dos ejercicios de secuenciación génica.</p> <p><u>2ª mitad de la sesión:</u> Se realiza la segunda parte de la actividad <i>La bacteria come-hongos</i> (actividades de secuenciación, transcripción, traducción y mutaciones con el puzle de ADN; observación de los resultados del experimento y discusión). Explicar cómo será el trabajo <i>Diagnóstico de Covid-19</i>.</p> <p><u>El profesor tras la sesión:</u> Subir a <i>Classroom</i> el problema <i>Diagnóstico de Covid-19</i>.</p>
	6	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de la ingeniería genética: ADN recombinante. • La clonación terapéutica y la clonación reproductiva. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Podemos localizar, analizar, copiar, modificar, aislar, y transferir genes?</p> <p><u>Primeros 10 minutos:</u> Explicación de la clonación terapéutica y reproductiva.</p> <p>Actividad: <i>¿Cómo curar la diabetes con ingeniería genética?</i></p>
	7	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de la ingeniería genética: CRISPR-Cas9 • La biotecnología roja: aplicaciones en la medicina, el PGH y la genética forense. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Se puede utilizar la biotecnología para mejorar nuestra salud?</p> <p><u>1ª mitad de la sesión:</u> Visualización del vídeo <i>¿Cómo hacer edición genética con CRISPR?</i> Dinámica de diálogo sobre la clonación.</p> <p><u>2ª mitad de la sesión:</u> Explicación sobre las aplicaciones de la Biotecnología en la medicina y sobre el PGH. Se muestra a los alumnos el ejemplar de la revista <i>Science: Filling the gaps</i>. Se aplica lo aprendido haciendo dos ejercicios del cuaderno de actividades.</p> <p><u>El profesor tras la sesión:</u> Sube a <i>Classroom</i> material de ampliación.</p>

	8	<ul style="list-style-type: none"> • La biotecnología verde: aplicaciones en el sector primario (agricultura y ganadería). • Funcionamiento de la industria biotecnológica. • Riesgos e implicaciones bioéticas de la biotecnología. • El problema de la desinformación. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Se puede utilizar la Biotecnología para mejorar nuestra alimentación? - ¿Cómo llega un alimento transgénico a nuestros platos?</p> <p><u>1ª mitad de la sesión:</u> Se explican los contenidos.</p> <p><u>2ª mitad de la sesión:</u> Se ensaya la obra de teatro <i>Del laboratorio a la mesa</i>.</p> <p><u>El profesor tras la sesión:</u> Sube a <i>Classroom</i> material para la indagación en internet y preparación del Debate.</p>
	9	<ul style="list-style-type: none"> • La biotecnología gris: la eliminación de metales pesados, la producción de biodiesel, la biorremediación y la protección del medio ambiente. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Se puede utilizar la biotecnología para mejorar el medio ambiente?</p> <p><u>Primeros 5 minutos:</u> Explicación de los contenidos.</p> <p>Actividad en el aula de informática: Laboratorio virtual “<i>Utilizar la fotosíntesis para producir biocombustible y reducir la contaminación</i>”. El profesor recuerda la necesidad de llevar a clase los <i>geneticoins</i> en la siguiente sesión para realizar la actividad “<i>La bolsa de la compra</i>”. También se pregunta a los alumnos uno a uno sobre sus alergias alimentarias para la realización de dicha actividad.</p> <p><u>El profesor tras la sesión:</u> Teniendo en cuenta la información recabada, realizará la compra de los productos y utensilios que se emplearán en la sesión siguiente y les adjuntará las correspondientes etiquetas.</p>
	10	<ul style="list-style-type: none"> • La biotecnología amarilla: aplicaciones en el sector industrial (industria alimentaria, farmacéutica, química, textil y de procesos). • Sesión de repaso, resolución de dudas, y entrega de cuadernos. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Se puede utilizar la Biotecnología para mejorar la industria? - ¿Qué productos de nuestra vida cotidiana tenemos gracias a la Biotecnología?</p> <p><u>1ª mitad de la sesión:</u> Actividad <i>La bolsa de la compra</i> (breve introducción, compra y negociación, y puesta en común de la información de las etiquetas).</p> <p><u>2ª mitad de la sesión:</u> Degustación los productos de la actividad. Resolución de dudas. Repaso oral con preguntas abiertas a los alumnos. Se recuerda a los alumnos que deben llevar la indumentaria necesaria en la próxima sesión para actuar en <i>Del laboratorio a la mesa</i>, y haber preparado una estrategia para el Debate con los materiales proporcionados.</p>
Repaso	11	<ul style="list-style-type: none"> • Debate. • Actuación en la obra de teatro. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Qué opinas de la utilización de la ingeniería genética?</p> <p><u>1ª mitad de la sesión:</u> Debate <i>Ingeniería genética, ¿a favor o en contra?</i></p> <p><u>2ª mitad de la sesión:</u> Obra de teatro <i>Del laboratorio a la mesa</i></p> <p><u>El profesor tras la sesión:</u> Revisar y sumar las calificaciones de los alumnos en las actividades a lo largo de la UD.</p>
Evaluación	12	<ul style="list-style-type: none"> • Examen. 	<p>Pregunta inicial: - ¿Cuánto he aprendido sobre Genética Molecular y Biotecnología?</p> <p>Sesión de examen y recogida de los Cuadernos de actividades. Recordar ese día como fecha límite de entrega del trabajo <i>Diagnóstico de Covid-19</i> y de las preguntas iniciales de las sesiones.</p> <p><u>El profesor tras la sesión:</u> Corrección de los exámenes, corrección del Cuaderno de actividades, observación de las contestaciones en <i>Classroom</i> a las preguntas propuestas, y corrección de los trabajos <i>Diagnóstico de Covid-19</i>.</p>

Actividades*: Se encuentran ampliamente descritas en el apartado 5.7. Actividades, donde además se especifican sus recursos y anexos asociados, así como la metodología a la que se ajustan.

5.9. Recursos.

Los recursos necesarios para poner en práctica la enseñanza en esta UD se detallan a continuación.

Recursos espaciales.

Esta UD transcurre en casi todas las sesiones dentro del aula habitual del 4º de Ciencias (4ºA). Como excepción, la primera mitad de la 1ª sesión se realizará en el laboratorio del centro. Además, la 9ª sesión transcurrirá enteramente en el aula de Informática del centro, donde será posible que todos los alumnos dispongan de un ordenador individual, con el fin de realizar la actividad *Utilizar la fotosíntesis para producir biocombustible y reducir la contaminación*.

Recursos digitales.

- Licencia de acceso a la simulación <https://www.labster.com/simulations/pigment-extraction/>
- Cuenta de *Classroom* del colegio <https://classroom.google.com>
- *Edelvives* digital <https://edelvivesdigital.com/#>
- Presentación de *Genially* <https://genial.ly>
- Videos:
 - PGH: <https://youtu.be/hvl-kitdPIQ>
 - CRISPR-Cas9: <https://youtu.be/UaxrYWCyLdY>
- Ordenador del profesor y acceso a Internet.
- Acceso a Internet fuera del centro.
- *Kahoots*:
 - Biotecnología tradicional vs. Biotecnología moderna: <https://create.kahoot.it/share/biotecnologia-tradicional-vs-biotecnologia-moderna/adf6b2a4-169e-4466-a744-f2c5f69ee7a2>
 - OMG vs. Transgénico: <https://create.kahoot.it/share/omg-vs-transgenicos/989c3356-7ba4-4128-8f8c-0679fd198feb>
- Recursos web para la preparación del debate:
 - <https://drive.google.com/file/d/14BCuKBpG9wdGzh9Z-rTvGIFJNNSLWz9W/view?usp=sharing>
 - <https://drive.google.com/file/d/1LNm1tKbv89piEIKQj52nbtBgzOundpx/view?usp=sharing>
 - <https://drive.google.com/file/d/1eJrzuCu6elFBOraeY9G21s6UIEaYwVgh/view?usp=sharing>
 - https://youtu.be/LfzT_gt9zFE
 - <https://drive.google.com/file/d/1j3fFjIxezK60D7W26XzTYwLOgykwhaGi/view?usp=sharing>*
 - https://drive.google.com/file/d/1SQAfFKpMaplJzjHda_O15kBIy9naFLZ3/view?usp=sharing*
 - <https://drive.google.com/file/d/1E0cg0E38zj4ZG1Vv8uJ958sWe5AHzP1q/view?usp=sharing>*
 - <https://www.sefh.es/bibliotecavirtual/fhtomo2/CAP06.pdf>
 - <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/universal-declaration-human-genome-and-human-rights>
 - https://drive.google.com/file/d/1-7rmVJ_of6Hs-wWsKI0T3FAKdmvcguKB/view?usp=sharing

*Fuente: *Xplore Health "Background information on biotechnology"*, por el Dr. Luís Ruíz Ávila y el Dr. Josep Santaló.

Recursos materiales.

Presentes en todas las sesiones.

- Libro *Edelvives* 4º de la ESO: Biología y Geología Para Que Las Cosas Ocurran.
- Cuaderno de actividades (Anexo 1).
- *Geneticoin*s.

- Agenda.
- Material escolar habitual.
- Proyector.
- Pizarra, tizas, y borradores.
- Material de refuerzo y material de ampliación.

Necesarios para algunas dinámicas de aula.

- Grupos de 3 frases para la dinámica *2 verdades – 1 mentira* (Figura 4).
- Libro *Don Quijote de la Mancha*.
- 6 copias de las tarjetas del *Quién es Quién*.
- Máquina plastificadora.
- Revista *Science: Filling the gaps*. Vol. 376, N° 6588.
- Guion y materiales para la obra de teatro *Del laboratorio a la mesa* (Anexo 5).
- Cartas de afirmaciones para la Dinámica de diálogo sobre la clonación (Figura 10).
- Artículos y presentaciones de apoyo para el debate.

La bacteria come-hongos y el puzle de ADN.

- Puzle de ADN y lista de correspondencias: secuencia de aa - proteína - función.
- 6 copias del guion de la práctica de laboratorio y los materiales que en él se especifican (Anexo 2).

Diagnóstico de Covid-19.

- Ficha del problema (Anexo 3).
- Material de refuerzo.

¿Cómo curar la diabetes con ingeniería genética?

- Panel informativo.
- Varias tijeras.
- Varias barras de pegamento.
- Pinturas de colores.
- 24 copias del cromosoma lineal sin colorear.
- 24 copias de los vectores de clonación sin colorear.
- 12 copias de la bacteria.

La bolsa de la compra.

- Pegatinas de productos (Figura 11).
- Productos que se llevarán al aula:
 - 5 bolsitas de snacks de maíz
 - Paquete de algodón
 - Tarrito con legumbres
 - Muestra de gel hidro-alcóhólico
 - Paquete de 100 folios
 - Queso troceado*

- Muestra de aceite de oliva
- Barra de pegamento
- Paquete de arroz
- Trozo de tela vaquera*
- Un clavel
- Muestra de detergente
- Jeringuilla sin aguja a modo de “vacuna”*
- Caja vacía de un antibiótico
- 6 plátanos
- La propia bolsa de la compra

QUIMOSINA PARA EL QUESO



Cómo fabricar queso gracias a la ingeniería genética.

Industria alimentaria.

Para fabricar queso se necesitan coagulantes. Hace miles de años estos coagulantes se sacaban del cuajo (cuarto estómago) del ternero, y se llamaron quimosina. Después se descubrió que la quimosina también estaba presente en microbios (hongos) y en vegetales.

Se utilizó la ingeniería genética para producir microorganismos recombinantes a los que se les ha introducido el gen de la quimosina bovina. De esta forma se consigue fabricarla a gran escala para poder ser utilizada en la industria alimentaria y así producir queso. Se llama "quimosina producida por fermentación" y tiene la misma secuencia de aminoácidos que la quimosina del cuajo del ternero.

CELULASAS PARA LOS JEANS



Cómo fabricar pantalones vaqueros blanditos y confortables gracias a la ingeniería genética.

Industria textil.

La tela vaquera con ese aspecto desgastado característico viene de los procesos de pre-lavado a los que se somete para ablandarla y que se vuelva más confortable. Antiguamente se conseguía lavándolas y agitándolas junto a piedras pómez, pero este tratamiento es muy difícil de controlar para que dé un buen resultado.

Posteriormente se descubrieron las celulastas, enzimas que degradan la celulosa (principal componente de la pared celular de las fibras de algodón). Son producidas de manera natural por algunos hongos, pero mediante ingeniería genética su gen se puede transferir a bacterias para producirlas a mayor escala. El pre-lavado con las celulastas en lugar de las piedras resulta más económico, beneficioso para el medio ambiente, y mejora el producto final.

PRODUCCIÓN DE VACUNAS



Cómo fabricar vacunas gracias a que los factores antigénicos son proteicos.

Industria farmacéutica.

Vacunas de organismos recombinantes vivos: Se utilizan microorganismos no patógenos (generalmente virus) a los que se incorporan genes de agentes patógenos que codifican para los antígenos que desencadenan la respuesta inmune. Este mecanismo permite desarrollar vacunas que inmunicen simultáneamente para varias enfermedades. Ejemplo: la vacuna de la rabia.

Vacunas de subunidades: Se aíslan los genes que codifican para las proteínas causantes de la respuesta inmune. Se clonan y expresan en microorganismos alternativos para producir estas proteínas a gran escala. Se recolectan y purifican para ser utilizadas como vacunas. Ejemplo: la vacuna de la hepatitis B.

***Figura 11.** Ejemplos de pegatinas diseñadas como etiquetas de los productos trabajados en la actividad *La bolsa de la compra*. Diseñadas con Canva (<https://www.canva.com/>).

5.10. Evaluación.

La **evaluación educativa** es la actividad a través de la cual, siguiendo unos criterios preestablecidos, se puede obtener información sobre el funcionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje y, por lo tanto, mejorarlo.

Su finalidad trasciende la mera calificación y pretende conocer la evolución personal de cada alumno para así dar orientaciones de mejora. Se trata por tanto de una evaluación formativa: nos indicará si se han logrado los objetivos que se perseguían y permitirá aprender de los errores (tanto al alumno como al profesor). En este sentido, la metodología ha de ser flexible y estar sujeta a crítica, para así poder ser corregida si no se alinea con los objetivos. Para que sea educativa para el alumno además debe ser participativa, y en este sentido se realizan actividades de autoevaluación como los *Kahoots*, y de coevaluación en la actividad de debate.

La evaluación debe también ser completa, es decir, tener en cuenta los aprendizajes conceptuales, procedimentales, y actitudinales. Los conceptuales se evaluarán en la prueba escrita, y en la entrega

de algunas producciones. Los procedimentales se valorarán por observación de la ejecución en el aula de ciertas actividades y dinámicas. Los actitudinales se valorarán también por observación de la actitud y participación en las actividades, sobre todo las de carácter cooperativo.

La evaluación de la UD será un reflejo de lo trabajado durante el transcurso de las sesiones que la conforman, y como tal será continua, alejándose del modelo tradicional de asignación de un alto peso de la nota al examen final. Si bien esta prueba* es un instrumento de gran utilidad en cuanto a la información que nos brinda, no debe recaer en ella la gran mayoría de la calificación. Por este motivo se le asigna la mitad del peso de la nota, recayendo la mitad restante en las actividades realizadas en el aula que sean de carácter evaluable y calificable. Los **instrumentos** de evaluación son aquellas herramientas físicas utilizadas para valorar el aprendizaje de una manera sistematizada en relación a unos EA, en los que quedan reflejados los criterios de evaluación. Además de la prueba escrita, se utilizará la lista de control para la evaluación por observación directa de situaciones naturales en el aula como el debate, el diálogo, las dinámicas de grupo, o las actitudes en el laboratorio; ya que se trata del instrumento que más ágilmente puede utilizarse. Se empleará una rúbrica (instrumento de evaluación más completo y formativo) para valorar la obra de teatro, y para que los alumnos hagan la coevaluación de sus compañeros durante el debate. Por último, las valoraciones han de transferirse a una escala matemática, clara y objetiva, para hacer posible una evaluación ética. Los criterios de calificación se encuentran integrados en la Tabla 3.

*Examen final de Unidad Didáctica: <https://drive.google.com/file/d/1B95q0DBbjtBF9jMFKSrf-qLxxD1TJv/view?usp=sharing>

Tabla 3. Relación entre los Estándares de Aprendizaje, las técnicas y actividades de evaluación, los instrumentos de evaluación, y el peso en la nota.

EA evaluable*	Técnica / actividad de evaluación	Instrumento de evaluación	Peso en la nota
7.1, 8.1, 12.1, 13.1, 14.1, 15.1	Prueba final escrita de evaluación	La corrección de la prueba	50% + 0.5 puntos extra
7.1, 8.1, 12.1, 15.1	Cuaderno de actividades	La compleción del mismo (Anexo 1)	10%
12.1, 14.1	Trabajo escrito <i>Diagnóstico de Covid-19</i>	La calidad del propio trabajo (Anexo 3)	10%
14.1, 15.1	Observación de la actuación en la obra <i>Del laboratorio a la mesa</i>	Rúbrica (Anexo 4)	10%
15.1	Prueba oral de debate <i>Ingeniería genética, ¿a favor o en contra?</i>	Lista de control (Tabla 4)	10%
7.1, 8.1, 13.1, 14.1, 15.1	Aprendizajes actitudinales en las actividades: <i>La bacteria come-hongos y el puzle de ADN, La bolsa de la compra, Diálogo sobre la clonación;</i> y realización del diario de preguntas en <i>Classroom</i> .	Lista de control (Tabla 5)	10%

EA evaluables*: En **negrita** aparecen los EAB, cuyo peso en la nota es de al menos el 50% y han de ser alcanzados por todos los alumnos para poder superar la UD de manera satisfactoria.

Tabla 4. Lista de control para la evaluación de la preparación y participación en el debate.*

Parámetro evaluable	Alumno													Ponderación
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	24		
Expresión oral														0,1
Calidad de los argumentos														0,2
Capacidad de síntesis														0,1
Respeto al turno de palabra														0,2
Escucha activa														0,2
Coherencia y cohesión grupal														0,2
Total														1 punto

Tabla 5. Lista de control para la evaluación actitudinal.*

Actividades y parámetros evaluables		Alumno													Ponderación
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	24		
La bacteria come-hongos	Resolución de la tarea														0,2
	Participación/Cooperación														
El puzle de ADN	Resolución de la tarea														0,2
	Participación/Cooperación														
La bolsa de la compra	Resolución de la tarea														0,2
	Participación/Cooperación														
Diálogo sobre la clonación	Resolución de la tarea														0,2
	Participación/Cooperación														
Diario de preguntas	Complejidad														0,2
	Calidad de las respuestas														
Total															1 punto

**Se indica si hay presencia de un mínimo de calidad en cada uno de los parámetros evaluables, y si así fuere se suma a su nota de acuerdo a las ponderaciones indicadas.

Por último, se debe mencionar que la evaluación ha de ser contextualizada, es decir, estar relacionada no sólo con los objetivos de aprendizaje, las competencias, y los contenidos; sino que también debe estar adaptada a la etapa y nivel en el que se desarrolla la UD y al tipo de alumnado que se tenga. De esta manera, la evaluación (como la metodología) debe estar adaptada a la diversidad, aunque los criterios de calificación se mantengan constantes. Sin embargo, al tener que enseñar y evaluar a 2 alumnos con la asignatura pendiente pero que no asisten a clase al haber pasado de curso (asisten a las clases de 1º de Bachillerato), los criterios de calificación se modifican para ellos. Estos alumnos tienen acceso al *Classroom*, igual que el resto de alumnos, donde podrán completar el diario de preguntas planteadas (10% de la nota). Tendrán también el mismo libro (*Edelvives*) que sus compañeros, y la presentación *Genially* disponible; que comprenden los contenidos que se explican en clase. De ahí podrán estudiar para la prueba escrita, que realizarán junto con el resto de sus compañeros. En caso de no poder realizarse en el horario habitual, se fijaría con ellos otra fecha u hora de realización, ya fuera por la mañana o por la tarde. El trabajo *Diagnostico de Covid-19* sí deberán realizarlo en las mismas condiciones que el resto de sus compañeros, aunque para ellos tendrá un peso en la nota del 20%. Debido al carácter presencial y continuo de la Obra de teatro, el Debate, y el Cuaderno de actividades; no serán evaluables en este

tipo de alumnos, que en consecuencia tendrán una prueba escrita que contará un 70% en su nota final de la UD (sin la posibilidad del medio punto extra).

En cuanto a la integración de la evaluación de la UD dentro de la **Evaluación trimestral**, tendrá un peso en la nota equivalente al de las otras 2 UD que se imparten dentro de esa primera Evaluación. El resto de UD se calificarían en porcentajes de peso similares, contando los exámenes finales de UD el 50% de la nota, y el resto de la nota se repartiría entre las actividades realizadas dentro de sus respectivas UD. Cabe destacar que ninguna de las actividades evaluables es de obligado cumplimiento (aunque se aconsejará encarecidamente al alumnado su realización), siempre y cuando la media ponderada (respetando los porcentajes asignados) de las notas de la UD didáctica dé aprobado (5/10 o más). Si un alumno no supera adecuadamente la UD se realizará un examen al término de las 3 UD del trimestre en el que entren los contenidos relativos a las UD que el alumno haya suspendido (1, 2, o 3 UD). Si así lo desea, conservará las notas de las actividades de clase, y si no, el examen de recuperación de las UD que haya suspendido tendrá un peso del 100% en la nota de esa UD. Sí será obligatorio haber aprobado las 3 UD (ya sea en los tiempos ordinarios o en las recuperaciones) para aprobar la primera Evaluación. Para completar la asignatura de ByG en 4º de la ESO, al final del curso se presentarán a una recuperación de las UD que no hayan superado durante el curso, trabajándose los contenidos de manera individualizada mediante actividades de refuerzo. La nota de las actividades sigue pudiéndose conservar, si así lo desea el alumno.

5.11. Atención a la diversidad.

La Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948) reconoce la educación como uno de los derechos humanos fundamentales. En el aula se presentan alumnos de intereses, procedencias, y capacidades variadas y, en general, siempre existen diferentes necesidades y ritmos de aprendizaje. Aunque haya que garantizar una educación común para todo el alumnado, se adoptará una metodología de trabajo activa, inclusiva y variada. Este será el principio fundamental para garantizar que tanto los alumnos que tienen dificultades de aprendizaje, como aquellos de altas capacidades y motivación por el aprendizaje, desarrollen al máximo sus potencialidades y adquieran un aprendizaje significativo de los contenidos y las competencias. Esto es lo que llevará a una verdadera igualdad de oportunidades, que el educador debe asegurar. Para esta atención a la diversidad, en ocasiones serán precisas adaptaciones organizativas, metodológicas o curriculares.

Según la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa, los grupos con necesidades educativas especiales son los siguientes:

- 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.

En el aula en la cual se contextualiza esta UD, existen 4 alumnos con necesidades especiales de apoyo educativo: una alumna con dificultades de aprendizaje, una alumna con sospecha de TDA, un alumno con TDAH, y una alumna con altas capacidades. Además, hay dos alumnos con la

asignatura pendiente que no acuden presencialmente al aula, que no se considera que tengan necesidades especiales pero que requieren ciertas adaptaciones en la metodología y en la calificación de la UD, y que se especifican en el apartado 5.10. Evaluación. En Castilla y León se ha desarrollado un Plan de Atención a la Diversidad, que indica las medidas generales / ordinarias de atención a la diversidad, que son las que se aplicarán a esta UD, ya que no hay niños en el aula con necesidad de medidas extraordinarias.

Medidas y contenidos de refuerzo.

En este apartado se describen las medidas y contenidos de refuerzo educativo que se aplican a los 3 alumnos/as con un rendimiento académico inferior y que les asegurarán alcanzar unos objetivos mínimos y competencias básicas (marcados por la ley) en su aprendizaje:

- Coordinación con el Departamento de Orientación y Psicopedagogía para el asesoramiento en materia didáctica con este tipo de alumnos.
- Comunicación constante con las familias desde la plataforma *Educamos* (<https://www.educamos.com>), desde la cual se informa a los padres de las tareas a realizar en casa, del progreso de su hijo, de sus notas, sus incidencias, etc. También servirá para concretar entrevistas con los tutores legales de estos alumnos.
- Prestación de ayuda individualizada a estos alumnos durante unos minutos en las sesiones en la organización de su estudio, sus tareas, y la anotación en la agenda; así como en las dinámicas y actividades más complejas.
- Comunicación con los propios alumnos con dificultades (en clase y vía *Classroom*) buscando mejorar la atención hacia ellos e intentando realzar su auto-concepto y las expectativas en su rendimiento.
- Aplicación de una metodología variada para la adaptación a los diferentes estilos de aprendizaje.
- Propuestas de realización de mapas conceptuales y resúmenes que ayuden al estudio.
- Incidencia, durante el desarrollo de las sesiones, en cuáles son las ideas de mayor relevancia de la UD.
- Uso de presentaciones con explicaciones basadas en la imagen, el vídeo, el formato *gif*, la esquematización... para favorecer el aprendizaje visual en este tipo de alumnos.
- Agrupaciones de alumnos (más detalladas en el apartado 5.6. Metodología) compensadas en las que se mezclen los alumnos más aventajados con los menos para que así se favorezca la inclusión y ayuda entre compañeros.
- Observación del comportamiento en el aula de estos alumnos y de los demás hacia ellos para detectar precozmente posibles discriminaciones.
- Posicionamiento en las primeras filas para favorecer su atención y el control hacia ellos por parte del docente.
- Especial control y atención en las actividades para una orientación y motivación más notable en ellas.
- Aumento del tiempo permitido para la realización de los exámenes y por lo tanto coordinación por parte del docente con los profesores a los que esta medida pueda afectarles.
- Preguntas orales individuales en las sesiones de entrega de exámenes para la resolución de dudas del docente en cuanto a la evaluación/calificación de alguna de las preguntas, debido

a los problemas relativamente frecuentes en estos alumnos de caligrafía, ortografía y/o expresión escrita.

- Redacción de los exámenes y pruebas escritas en un formato estandarizado por el centro en el que se tiene en cuenta el uso de una tipografía de tamaño grande y una separación suficiente entre preguntas para orientar al alumno en la redacción de su respuesta.
- Evaluación en base a los EAB.
- Material de refuerzo en la UD:
 - Vídeo de la transcripción: https://youtu.be/eOG_0NhwLFw
 - Vídeo de la traducción: https://youtu.be/VgZS_jhtF14
 - Material de apoyo para la realización del ABProblemas individual:
 - <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/biotechnology/a/polymerase-chain-reaction-pcr>
 - <https://drive.google.com/file/d/1dWf9G8h3VAigSIXTL9raCq-lxgaLUYJP/view?usp=sharing>
 - https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2444-79862020000400001
 - Pistas:
 - Ten en cuenta que tanto la ADN polimerasa como la transcriptasa reversa sintetizan siempre en sentido 5'→3' y que ambas necesitan cebadores de oligonucleótidos a los que comenzar a unir los nuevos nucleótidos.
 - Puedes utilizar la siguiente plantilla para hacer el dibujo de la técnica de Sanger de la secuencia de ADN problema:
<https://drive.google.com/file/d/1BSrKT2eKWXBm37cKzaWoTiZsqrHIeDQV/view?usp=sharing>
 - Recuerda que la fórmula para hallar el número de copias de ADN inicial amplificado es la siguiente: 2^n (n = número de ciclos).
 - Material de apoyo para la preparación del Debate (en el apartado 5.9. Recursos)

Medidas y contenidos de ampliación.

En este apartado se describen las medidas que se aplican, especialmente a la alumna de altas capacidades, pero también al resto de alumnos que tengan un rendimiento académico o curiosidad mayor por el aprendizaje que el resto de sus compañeros. El objetivo es mantener unas expectativas de aprendizaje y una exigencia alta en todos los alumnos para así desarrollar al máximo su potencial. Los contenidos de ampliación son los que van más allá de los exigidos por el currículo oficial. Las medidas en este tipo de alumnos/as son las siguientes:

- Creación de situaciones propicias para la inclusión y ayuda entre compañeros.
- Inculcación de la curiosidad científica y de la búsqueda libre y rigurosa de información en Internet.
- Subida a *Classroom* de materiales de ampliación en los que se indique su carácter voluntario y ampliador de la información para que sólo los alumnos más avanzados accedan a ellos, y de esta manera, no confundir las ideas clave de la UD a los más rezagados. Serán los siguientes:
 - Artículo sobre la regulación de la expresión génica:
<https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Regulacion-genica#>
 - Vídeo sobre la epigenética: <https://youtu.be/tA3lIUK-nqo>

- Vídeo sobre el cáncer: <https://youtu.be/gZq95SmO1o0>
- Vídeo sobre medicina personalizada: <https://youtu.be/622Sq0A83SQ>
- Artículo sobre las ciencias ómicas: <http://revista.unam.mx/vol.18/num7/art54/index.html#>
- Vídeo sobre la bioinformática: <https://youtu.be/MEXHiJPcq6w>

6. DISCUSIÓN Y EVALUACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.

6.1. Evaluación de la propuesta.

El deber del docente es realizar una enseñanza lo más eficiente y eficaz posible. Para determinar el grado de consecución de este objetivo general se debe atender por un lado a la consecución de los objetivos de enseñanza-aprendizaje, y por otro lado al uso óptimo de los recursos disponibles. Se plantea una evaluación de la propuesta para la puesta en práctica de esta UD en la que se tendrán en cuenta ambos factores. De esta manera podremos enmarcarla dentro del cuadrante eficacia-eficiencia (Figura 12).

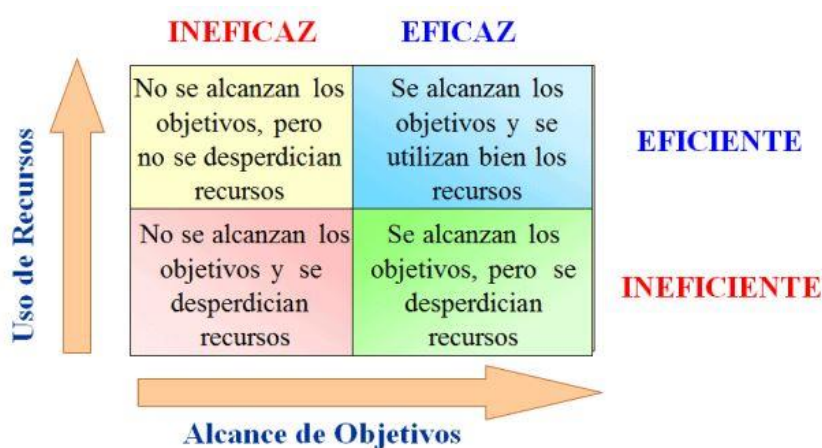


Figura 12. Cuadrante eficacia-eficiencia. Imagen extraída de: <https://www.webyempresas.com/>

Evaluación del alcance de los objetivos.

Los objetivos de aprendizaje diseñados para esta UD se encuentran alineados con los EA evaluables marcados por la ley, por lo que, para objetivarlos, se realizará un análisis y cuantificación de la consecución de estos últimos al término de la impartición de la UD. En la Tabla 3 se expresan las relaciones entre los EA, los instrumentos de evaluación y el peso en la nota. Se considera que la propuesta de UD ha sido **eficaz** si, como mínimo, un 75% de los alumnos ha conseguido una nota de 5/10 o superior. Se toma este 75% como referencia debido a que ni el profesor ni sus metodologías son al 100% responsables del aprendizaje de los alumnos, y que en este proceso influyen una gran diversidad de factores difícilmente cuantificables.

Se realizan 2 propuestas de mejora por EA en caso de que se detecten especiales deficiencias en algún EA en particular (menos del 60% de consecución en los **EAB** y menos del 40% de consecución en el resto de EA):

- **7.1.** Ilustra los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético:
 - Plantear un modelo de examen alternativo.
 - Vigilar la correcta resolución de los ejercicios del Cuaderno de actividades.

- **8.1.** Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos:
 - Plantear un modelo de examen alternativo.
 - Prestar más ayuda personalizada durante el desarrollo de las sesiones.
- **12.1.** Diferencia técnicas de trabajo en ingeniería genética:
 - Vigilar la correcta resolución de los ejercicios del Cuaderno de actividades.
 - Mover al horario presencial la realización de la actividad *Diagnóstico de Covid-19*.
- **13.1.** Describe las técnicas de clonación animal, distinguiendo clonación terapéutica y reproductiva:
 - Plantear un modelo de examen alternativo.
 - Promover una mayor participación en los diálogos de clase.
- **14.1.** Analiza las implicaciones éticas, sociales y medioambientales de la ingeniería genética:
 - Plantear un modelo de examen alternativo.
 - Mejorar los materiales de refuerzo al respecto.
- **15.1.** Interpreta críticamente las consecuencias de los avances actuales en el campo de la biotecnología:
 - Acercar el temario a los intereses personales del alumnado.
 - Aumentar el tiempo de trabajo en el aula para la preparación del debate.

Ya que se están valorando los EA comunes a todos los métodos de enseñanza, se podría hacer un control comparativo con la consecución de los mismos en un grupo de alumnos similares en el que se imparta la misma UD pero mediante metodologías pertenecientes a otros modelos educativos, como el tradicional. El modelo de enseñanza que mayor grado de consecución de los EA consiguiera sería el más eficaz.

Evaluación del uso de los recursos.

Se considera que la propuesta de UD ha sido **eficiente** si, como mínimo, se han alcanzado 4 puntos (siguiendo los criterios de la rúbrica de la Tabla 4) en la evaluación de los recursos empleados (temporales, materiales, TIC, y humanos). Se realizan dos propuestas de mejora por cada recurso deficiente.

Tabla 6. Rúbrica para la evaluación de los recursos de la UD.

Recurso	Excelente (2 puntos)	Adecuado (1 punto)	Mejorable (0 puntos)	Propuesta de mejora
Número de sesiones	La realización de la UD completa ha ocupado la totalidad de 12 sesiones.	La realización de la UD completa ha ocupado una sesión más de lo previsto.	La realización de la UD completa ha ocupado dos sesiones más de lo previsto.	<ul style="list-style-type: none"> • Proponer actividades más sencillas. • Contemplar una mayor duración en la programación de la UD.
Disponibilidad de los materiales y recursos TIC	Los materiales y recursos TIC necesarios para llevar a cabo la UD han estado disponibles o ha habido una falta puntual que no ha afectado al desarrollo normal de las sesiones.	Ha habido una falta puntual de materiales y recursos TIC que ha afectado al desarrollo de alguna sesión, o ha habido una falta de recursos reiterada pero no ha afectado al correcto desempeño de las sesiones.	La falta de los recursos materiales y TIC planeados ha sido reiterada y ha afectado al desarrollo normal de las sesiones.	<ul style="list-style-type: none"> • Pensar maneras en las que poder realizar las actividades sin los recursos de difícil disponibilidad. • Analizar los factores que han causado la falta de recursos: falta de recursos, falta de antelación...
Conocimiento de los recursos TIC por parte del alumno	El alumno conoce el funcionamiento de los recursos TIC planeados y es capaz de utilizarlos en su proceso de aprendizaje.	El alumno conoce el funcionamiento de los recursos TIC planeados pero tiene dificultades en su utilización provechosa para el aprendizaje.	El alumno tiene deficiencias en su formación respecto a los recursos TIC planeados.	<ul style="list-style-type: none"> • Formar al alumno previamente en la utilización de los recursos TIC planeados. • Mejorar y actualizar la propia formación del docente en cuanto al empleo de los recursos TIC en la enseñanza.
Coordinación en el departamento	Las reuniones del departamento han llevado al consenso y a una buena puesta en práctica en cuanto a la provisión y utilización de los recursos (económicos, espaciales, etc.)	Han existido conflictos de intereses y/o fallos en la puesta en práctica que han sabido resolverse.	Han existido conflictos de intereses dentro del departamento que han llevado a una mala comunicación y coordinación.	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la comunicación efectiva dentro del departamento. • Hacer un análisis sobre si los recursos necesarios son recursos fácilmente disponibles.

Evaluación de otros factores.

A pesar de la evaluación propuesta de la propia UD, no es sólo necesario conocer los resultados directos e inmediatos de la impartición de la UD. Un aprendizaje poco significativo (receptivo, memorístico, o repetitivo) no tiene por qué ir asociado a unos malos resultados de aprendizaje en el corto plazo. Sin embargo, lo que determina que el aprendizaje sea significativo, es que se mantenga **a largo plazo**. Para realizar un control/evaluación de esto, se propone realizar el cuestionario utilizado en el apartado 2.2. Planteamiento del problema., unos meses después de la enseñanza y evaluación de la UD. Éste cuestionario pone de manifiesto muchos de los mitos de la sociedad respecto al tema de la Información Genética, así como las ideas previas más frecuentes de los alumnos de la ESO. Al realizarlo los alumnos y recoger los resultados el profesor, se podría observar si en un amplio porcentaje de los alumnos (75% o más) estas ideas previas están confrontadas, y así determinar que ha habido un aprendizaje significativo. También pondría de manifiesto qué cuestiones requieren de una mayor profundización, para así servir como guía orientativa al docente en su futura optimización de la UD. Además, se podrían comparar los resultados del cuestionario realizado bajo las mismas condiciones, con los resultados experimentales mostrados en este trabajo tras haberse impartido la UD con metodologías tradicionales. De esta manera se pondrían en evidencia las diferencias en el aprendizaje en función de la metodología utilizada.

Para determinar si **las asociaciones afectivas** del alumno con los contenidos y las metodologías son positivas se realiza otro cuestionario de carácter anónimo y voluntario al alumnado, que sería el siguiente: <https://forms.gle/8U89rEwVuNUABQSj7>

6.2. Discusión de la propuesta.

Llevando el trabajo a autoevaluación es también importante, no sólo defender sus bondades como se ha hecho hasta ahora, sino también reflexionar sobre las desventajas y limitaciones con las que cuenta, y que se definen a continuación:

- Nunca se ha llevado a la práctica.
- Puede resultar demasiado compleja en cuanto a la preparación y organización por parte del docente.
- Es posible que necesite alguna/s sesión/es más para que las actividades se realicen más relajadamente y asegurar un buen clima en el que todos los alumnos sigan el ritmo de enseñanza-aprendizaje.
- Requiere de un enorme compromiso por parte del alumno, con el que no podremos contar en todas las situaciones.
- Al trabajar con MA como la resolución de problemas o la escenificación, puede que recaiga demasiado en el ejemplo, disuadiendo al alumno de identificar las generalizaciones y los puntos más importantes de la UD.
- Al tratar de realizar una evaluación formativa y continua, se requiere de un tiempo mayor para la corrección por parte del docente de las actividades evaluables en comparación con la evaluación que se hace desde enfoques metodológicos tradicionales.
- Se requieren algunos recursos poco habituales.

7. CONCLUSIONES.

Se ha realizado una propuesta de Unidad Didáctica para enseñar los contenidos de la Ingeniería Genética y la Biotecnología en 4º de la ESO. Ésta ha partido de la premisa de que existen deficiencias en la manera en que se imparte dicha temática, que no propician un aprendizaje significativo. La propuesta hace uso de las metodologías activas que se enmarcan en la Teoría constructivista y pretende dar solución a este problema planteado, acercando la ciencia, la tecnología, y sus repercusiones sociales, a la vida cotidiana de los alumnos del último año de la ESO. Se han programado 12 sesiones y una serie de actividades con las cuales se pretende propiciar un mejor aprendizaje de los contenidos. Las conclusiones a las que se ha llegado tras la realización de este Trabajo de Fin de Máster han sido las siguientes:

- A pesar del incremento de la influencia de la Ingeniería Genética y de la Biotecnología en la vida cotidiana de las personas, los conocimientos alrededor de estos contenidos en la sociedad son deficitarios y los falsos mitos frecuentes.
- Las metodologías tradicionales no fomentan un aprendizaje significativo y a largo plazo del alumnado, desvelándose ideas previas erróneas tiempo después de haberse impartido la Unidad.
- El modelo constructivista de la educación, que promueve un aprendizaje significativo, contextualizado, activo, y social; es el que se ha probado más cognitivamente beneficioso para el alumnado.
- Mediante una propuesta de Unidad Didáctica sobre la Información Genética, se ha pretendido hacer una aproximación didáctica basada en el constructivismo a través de la cual los alumnos puedan reconstruir las ideas previas que el docente ha detectado.
- Orientada al enfoque Ciencia – Tecnología – Sociedad, el resultado de la puesta en práctica de la Unidad Didáctica programada será previsiblemente un alumnado más motivado e interesado por la ciencia, y a su vez más crítico con ella.
- El Aprendizaje basado en las TIC, el Aprendizaje basado en Problemas, el Aprendizaje cooperativo, el Aprendizaje por simulación, el Debate, la Gamificación, el Flipped Classroom, el Aprendizaje Analógico, la Dramatización, y el Aprendizaje por Descubrimiento; son metodologías activas que se exploran y que favorecen el desarrollo de las Competencias Clave.
- Se han explorado recursos, actividades, y estrategias innovadoras para la enseñanza de la Ingeniería Genética y de la Biotecnología que previsiblemente aumentarán el aprendizaje y la motivación de los alumnos.
- Los materiales didácticos creados y contenidos en esta memoria pueden servir como recurso para su libre utilización por parte de docentes o investigadores, así como para la puesta en práctica de la presente propuesta de Unidad Didáctica.
- La propuesta cuenta con una serie de desventajas como la excesiva confianza en el compromiso del alumno, el excesivo tiempo de preparación de la Unidad, y la complejidad organizativa.

“Nada en la vida debe ser temido, solamente
comprendido. Ahora es el momento de comprender
más para temer menos.” (Marie Curie)

8. REFERENCIAS.

8.1. Bibliografía.

- Biotecnología. María Antonia Muñoz de Malajovich. Universidad Nacional de Quilmes Editorial. 2006.
- Ministerio de Trabajo y Economía Social. Recuperado de <https://www.mites.gob.es/>
- Soutullo, D. (2004). Antropología y bioética en la Enseñanza Secundaria. *Revista de Filosofía*, 7(33), 263-268
- Mirón, Cabo, Cortiñas (2007). La presencia de la biotecnología dentro y fuera de la escuela. Primeros resultados de un estudio diagnóstico. CEIP Juan Caro. Melilla.
- Occelli, M. (2013). La enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria y su abordaje en los libros de texto: Un estudio en la ciudad de Córdoba. FCEfyN, Universidad nacional de Córdoba, Argentina.
- Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA), 2018 (OECD).
- Nurk, S., Koren, S., Rhie, A., Rautiainen, M., Bizkadze, A. V., Mikheenko, A., ... & Phillippy, A. M. (2022). The complete sequence of a human genome. *Science*, 376(6588), 44-53.
- Estébanez, JM. (2014). Análisis de los conocimientos e ideas previas sobre Genética de alumnos que comienzan 4º de ESO comparados con los de los alumnos de 1º de Bachillerato. UNIR, Orihuela (Alicante).
- Marcos-Walias, J., & Bobo-Pinilla, J. CAPÍTULO 110 ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO SOBRE ANIMALES Y PLANTAS EN EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA.
- Araya, V., Alfaro, M., & Andonegui, M. (2007). Constructivismo: orígenes y perspectivas. *Laurus*, 13(24), 76-92.
- Granja, D. O. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia*, (19), 93-110.
- Saldarriaga-Zambrano, P. J., Bravo-Cedeño, G. D. R., & Loo-Rivadeneira, M. R. (2016). La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea. *Dominio de las Ciencias*, 2(3 Especial), 127-137.
- García, J. G. (2020). El constructivismo en la educación y el aporte de la teoría sociocultural de Vygotsky para comprender la construcción del conocimiento en el ser humano. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*.
- Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. Fascículos de CEIF, 1(1-10), 1-10.
- Aguerro, I. (2017). El nuevo paradigma de la educación para el siglo XXI.
- López, L. R. (2014). Cambio de paradigma educativo: del maestro autoritario a la autogestión del alumnado. *Iberoamérica Social: Revista-red de estudios sociales*, (II), 152-162.
- Buxarrais Estrada, M. R. (2013). Nuevos valores para una nueva sociedad. Un cambio de paradigma en educación. *Edetania*, (43), 53-65.
- Murillo Estepa, P. (2007). Nuevas formas de trabajar en la clase: metodologías activas y colaborativas. El desarrollo de competencias docentes en la formación del profesorado.
- Ribelles, R., Solbes, J., & Vilches, A. (1995). Las interacciones CTS en la enseñanza de las ciencias. Análisis comparativo de la situación para la Física y Química y la Biología y Geología. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 7(4), 135-143.
- Simões, R. C. M., Russo, A. L. R. G., de Oliveira Braga, E. D. S., & Rôças, G. (2020). Metodologías activas en la enseñanza de las ciencias: revisión y análisis de publicaciones en revistas del área enseñanza en la década de 2008 a 2018. *ACTIO: Docência em Ciências*, 5(2), 1-24.
- Occelli, M., García-Romano, L., & Valeiras, N. (2018). La enseñanza de la biotecnología y sus controversias socio-científicas en la escuela secundaria: un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina). *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (43), 31-46.
- Requena, S. H. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 5(2), 26-35.
- Lorenzo-Rivadulla, M. (2013). El uso de laboratorios virtuales para la enseñanza-aprendizaje de ciencias de la naturaleza en 2º de la ESO (Master's thesis).
- Ramón, P. R., Redondo, R. F., Gundín, O. A., & Fernández, L. Á. (2015). Percepción de los estudiantes sobre el desarrollo de competencias a través de diferentes metodologías activas. *Revista de investigación educativa*, 33(2), 369-383.
- Santiago-Castillo, T. (2014). El aprendizaje cooperativo en la enseñanza de Biología y Geología para fomentar la atención a la diversidad (Master's thesis).
- Alvarado, J. C. O., Acevedo, A. A. C., & Pérez, A. A. D. (2020). Simulación como estrategia didáctica en las prácticas de formación docente. Experiencia en la carrera Ciencias Sociales. *Revista Torreón Universitario*, 9(25), 16-28.

- Castro, J. P. (2017). Educación emprendedora y metodologías activas para su fomento. Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado, 20(3), 33-48.
- Marente-Lemus, M. L. (2020). Uso de la gamificación en la asignatura de Biología y Geología para abordar los contenidos de la célula, el ciclo celular y la herencia genética en 4º de ESO (Master's thesis).
- Rodríguez, D. M., & Campión, R. S. (2016). " Flipped Learning" en la formación del profesorado de secundaria y bachillerato. Formación para el cambio. Contextos educativos: Revista de educación, (1), 117-134.
- Oliva, J. M. (2008). Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de analogías. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 5(1), 15-28.
- Enguix, G. B., & Jiménez-López, M. D. (2006). Código genético y lenguaje verbal. Revista Española de Lingüística, 36(1), 285-318.
- Blanco Martínez, A., & González Sanmamed, M. (2015). Ciencia y teatro: una experiencia de teatro científico con alumnado de educación secundaria. Revista iberoamericana de educación.
- Cardona Buitrago, F. E. (2013). Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica (Doctoral dissertation).
- Delgado Urrecho, J. M., Calderón Calderón, B., & García Cuesta, J. L. (2006). Análisis de la población, vivienda y comercio en Valladolid y los municipios de su alfoz.
- Europeo, P., & de la Unión Europea, C. (2006). Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. *Diario Oficial de la Unión europea*, 30(12), 2006.
- de Boer, W., Leveau, J. H., Kowalchuk, G. A., Gunnewiek, P. J. K., Abeln, E. C., Figge, M. J., ... & van Veen, J. A. (2004). *Collimonas fungivorans* gen. nov., sp. nov., a chitinolytic soil bacterium with the ability to grow on living fungal hyphae. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54(3), 857-864.

8.2. Webgrafía.

- Organización de las Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Universidad de Valladolid (2019). Grado en Biomedicina y Terapias Avanzadas. Recuperado de <https://med.uva.es/grado-en-biomedicina-y-terapias-avanzadas/>
- Comisión Europea. Una encuesta europea muestra que la innovación responsable en los ámbitos de las ciencias de la vida y la biotecnología goza del apoyo popular. Recuperado de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/IP_10_1499
- Sociedad Española de Biotecnología. Recuperado de <https://sebiot.org/>
- Thinkoeducation. Qué son las metodologías activas y cómo aplicarlas en el aula. <https://thinkoeducation.com/metodologias-activas/>
- Netherlands Institute of Ecology (NIOO-KNAW). The Mycomuncher DNA Puzzle. Recuperado de <https://nioo.knaw.nl/nl/node/4000>
- Science in School (The European journal for science teachers). Diversión con los genomas: el puzzle de ADN de Mycomuncher DNA. Recuperado de <https://www.scienceinschool.org/es/article/2007/dnapuzzle-es/>
- Labster. Pigment Extraction: Use photosynthesis to produce biofuel and reduce pollution. Recuperado de <https://www.labster.com/simulations/pigment-extraction/>

8.3. Legislación.

- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación
- 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) en el BOE 3/01/2015
- 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
- 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 en la Comunidad de Castilla y León.
- 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

9. ANEXOS.

9.1. Cuaderno de Actividades

1. Completa la tabla de la actividad *Análisis de una situación comunicativa**.

ELEMENTO COMUNICATIVO	LENGUA	GENÉTICA
Letras		
Ejemplo de palabra		
Léxico		
Oración		
Elemento que señala el inicio de la oración		
Elemento que señala el final de la oración.		
Párrafo		
Texto		
Medios de comunicación		
Transcrito		
Transcriptor		
Idioma original		
Traductor		
Idioma final		
Mensaje traducido		
Código		
Mensaje		
Copia		
Copiador		

2. Actividad *Quién es Quién de las mutaciones.*

	1	2	3	4	5
Anemia falciforme					
Albinismo					
Cáncer					
Síndrome de Marfan					
Mutación gen MCIR					
Talasemia					
Retinoblastoma					
Mutación delta 32					
Hemofilia					
Síndrome de Edwards					
Síndrome de Patau					
Síndrome de Turner					
Síndrome de Klinefelter					
Síndrome de Jakob					
Síndrome del maullido de gato					
Síndrome de Pallister-Killian					
Síndrome de Ambras					
Síndrome de Angelman					
Síndrome de di George					
Síndrome de San Luis Valley					

3. Ejercicios sobre porcentajes de bases nitrogenadas en ácidos nucleicos.

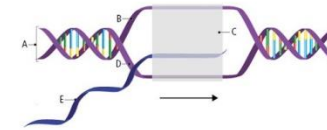
49. ●● La policía científica ha aislado un fragmento de una de las cadenas de ADN de un presunto crim. Al analizar las proporciones de las bases nitrogenadas se encontró: A = 27 %, G = 35 %, C = 25 %, T = 13 %
- Determina las proporciones de bases de la cadena complementaria.
 - Calcula la proporción de cada base de ARN que se transcribiría del fragmento encontrado.

51. ●● En una investigación sobre el ADN de una especie animal se ha encontrado que del total de bases nitrogenadas un 30 % corresponde a adenina. ¿Cuáles son los porcentajes de las demás bases?

Fuente: Libro Biología y Geología 4º ESO. Santillana, por Enrique Juan Redal.

4. Ejercicio sobre expresión génica.

5 Observa el proceso representado en esta figura:

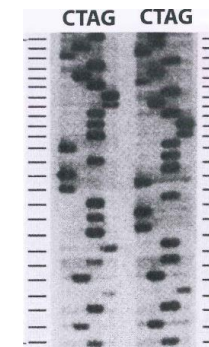


- ¿De qué proceso se trata?
- Identifica las moléculas señaladas con letras.
- Copia el esquema e indica sobre él las polaridades de las cadenas polinucleotídicas.

Fuente: Libro Biología y Geología 4º ESO Para Que Las Cosas Ocurran. Edelvives, por Margarita García López.

5. La autorradiografía que se muestra proviene del estudio original que identificó la mutación causante de la fibrosis quística.

- Determina la secuencia del alelo normal del gen (columna izquierda) y del alelo mutante (columna derecha).
- Identifica la ubicación y el tipo de mutación causante de la enfermedad.

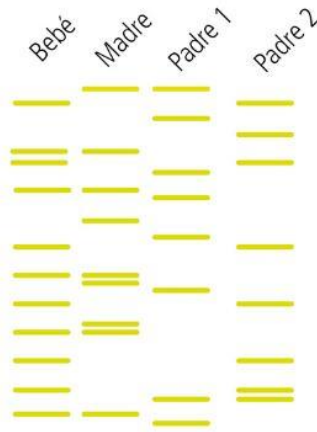


Fuente: Klug y Cummings, 10ª ed.

6. Prueba de paternidad.

24

Para determinar la paternidad de un bebé, se obtienen las huellas genéticas del niño, de su madre y de los dos posibles progenitores masculinos, que se recogen en la imagen. Teniendo en cuenta que la mitad de las bandas que hereda un niño corresponden a su madre y la otra mitad a su padre, determina quién es el padre de este bebé.



Fuente: Libro Biología y Geología 4º ESO Para Que Las Cosas Ocurran. Edelvives, por Margarita García López.

7. Responde a las siguientes preguntas durante la visualización del vídeo con la temática de CRISPR-Cas9.

- ¿Qué es CRISPR?
- ¿Qué es Cas9?
- ¿Qué científico español descubrió el mecanismo bacteriano que hace posible esta técnica?
- ¿Qué científicas estadounidenses descubrieron que se podía aplicar este mecanismo bacteriano a la edición genética?
- Menciona una enfermedad genética que pueda curarse mediante terapia génica con CRISPR-Cas9.
- Menciona dos aplicaciones más, aparte de la sanitaria, que tiene esta técnica.
- ¿Qué inconveniente tiene el uso de esta técnica en la edición genética humana?
- ¿Qué peligros entraña para la salud de las gemelas el experimento de He Jiankui?

8. Rúbrica para la coevaluación en el debate.

¿A FAVOR O EN CONTRA?

NOMBRE DEL PARTICIPANTE:

PERSONA QUE EVALÚA:

	MUY BIEN	BIEN	REGULAR	NECESITA MEJORAR
PRESENTACIÓN GENERAL	<u>Domina el tema</u> , no improvisa y solo puntualmente se ayuda del material de apoyo.	Domina el tema. Sin embargo, <u>alguna vez duda</u> sobre lo que dice y/o se apoya en el <u>material varias veces</u> .	<u>No domina</u> totalmente el tema. A veces <u>duda</u> sobre lo que dice y/o <u>lee demasiado</u> el material de ayuda.	<u>No domina</u> el tema, se queda <u>llamado o en blanco</u> y/o <u>lee directamente</u> el material de ayuda todo el tiempo.
LENGUAJE	Utiliza un <u>lenguaje apropiado</u> con corrección sintáctica y gramatical.	Utiliza un lenguaje apropiado con <u>algunos errores</u> sintácticos y/o gramaticales.	Utiliza un lenguaje poco apropiado con <u>frecuentes errores</u> sintácticos y/o gramaticales.	Utiliza un lenguaje poco apropiado con <u>continuos errores</u> sintácticos y/o gramaticales.
CONTACTO VISUAL Y POSTURA	Mantiene <u>siempre el contacto visual</u> con su oponente y con el público. Su <u>postura</u> es <u>adecuada</u> durante todo el debate.	Mantiene el contacto visual <u>casi siempre</u> con su oponente y con el público. Su <u>postura</u> es <u>adecuada</u> durante todo el debate.	Mantiene el contacto visual <u>solo a veces</u> con su oponente y con el público. Su <u>postura no</u> es la <u>adecuada algunas veces</u> .	<u>Pierde</u> demasiadas veces el <u>contacto visual</u> con su oponente y con el público. Su <u>postura no</u> es la <u>adecuada</u> durante <u>todo el debate</u> .
TONO DE VOZ Y DICCIÓN	Mantiene un tono de voz <u>adecuado</u> , pronuncia con <u>corrección</u> y <u>no</u> utiliza <u>muletillas</u> .	Mantiene un tono de voz <u>alto o bajo</u> , tiene <u>alguna incorrección</u> fonética y utiliza <u>algunas muletillas</u> .	Mantiene un tono de voz <u>demasiado alto o bajo</u> , tiene <u>alguna incorrección fonética</u> y utiliza <u>bastantes muletillas</u> .	Mantiene un tono de voz <u>excesivamente alto o bajo</u> , tiene <u>bastantes incorrecciones</u> fonéticas y utiliza <u>demasiadas muletillas</u> .
DEFENSA	Es <u>capaz de defender</u> su postura <u>perfectamente</u> después de escuchar los argumentos de su oponente.	Es <u>capaz de defender</u> su postura después de escuchar los argumentos de su oponente.	<u>No</u> es capaz de defender <u>adecuadamente</u> su postura después de escuchar los argumentos de su oponente.	Se queda <u>en blanco o llamado</u> después de escuchar los argumentos de su oponente y no dice nada.

Observaciones:

A continuación, comenta todo lo que consideres oportuno sobre tu compañero/a.

9.2. Guion de la práctica de laboratorio *La bacteria come-hongos.*

GUION DE LABORATORIO LA BACTERIA COME-HONGOS.

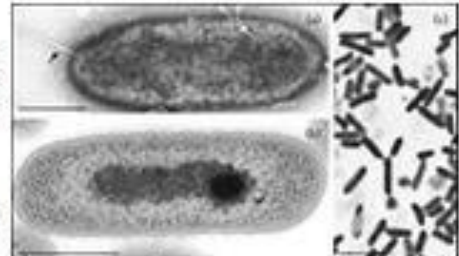
INTRODUCCIÓN.

Collimonas fungivorans es una especie bacteriana con propiedades antifúngicas (puede matar a los hongos). Es una Gram - con forma de bacilo que vive en ambientes aeróbicos y ligeramente ácidos.

Candida albicans es un hongo ascomiceto cuya pared celular está compuesta por quitina. Puede tener aspecto de levadura y



convivir en simbiosis con el huésped a 37°C o tener aspecto filamentosos a 25°C en la naturaleza. Esta segunda conformación, presente durante la mayor parte del crecimiento vegetativo del hongo, se denomina así por la presencia de hifas ramificadas. En este estado es potencialmente patógeno para el ser humano, pudiendo causar Candidiasis (infección superficial que puede afectar a la piel, las mucosas o las uñas).



Se han adquirido muestras de *C.fungivorans* y se han aislado colonias de *C.albicans*. Para la experimentación en la que **corroboraremos que esta bacteria mata al hongo** se sembrarán en placas Petri con medio de cultivo Sabouraud, el hongo problema junto a "La bacteria come-hongos". También sembraremos placas en las que sólo crecerá el hongo a modo de control.

MATERIALES.

- Muestra del hongo *Candida albicans*.
- Muestra de la bacteria *Collimonas fungivorans*.
- Medio de cultivo agar glucosado de Sabouraud.
- Bastoncillos de higiene del oído.
- Placas Petri.
- Pipetas de plástico.
- Rotulador permanente.

PROCEDIMIENTO.

1. Poner con un rotulador permanente en una de las placas Petri con agar Sabouraud vuestro nombre de grupo y la letra E (de "experimental") y en la otra placa Petri vuestro nombre de grupo y la letra C (de "control").
2. Tomar una colonia de *C.albicans* mediante la ayuda de un hisopo estéril.
3. Sembrar sobre una de las placas Petri con la técnica "Cultivo puro de microorganismos por agotamiento de asa" tal y como se indica en la Figura 1.
4. Realizar la misma operación con la otra placa Petri. Tener cuidado de no rasgar y profundizar demasiado en el agar solidificado.
5. Coger unas gotas de muestra de *C.fungivorans* con la pipeta de plástico.
6. Disponer las gotas de manera homogénea por la superficie de cultivo de la placa E (experimental).
7. Dejar incubar durante 4 días a temperatura ambiente en el laboratorio.

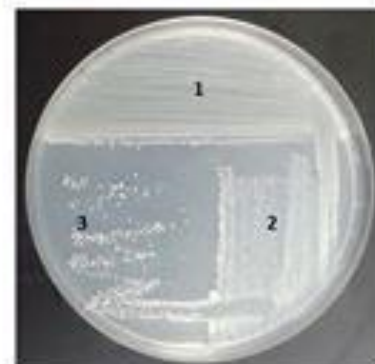


Figura 1. Cultivo puro de microorganismos por agotamiento de asa.

9.3. Aprendizaje Basado en Problemas *Diagnóstico de Covid-19.*

PROBLEMA DIAGNÓSTICO DE COVID-19.

Ayer por la tarde empecé a encontrarme mal: tenía mocos y tos. Estoy preocupada por si tengo Covid-19, ¿me ayudas a averiguarlo? Imagina que eres un especialista en Análisis Clínicos en el hospital y responde a las siguientes preguntas para poder solucionar mi problema.

1. Los síntomas descritos están presentes tanto en la gripe como en la Covid-19. Antes de realizarme una prueba diagnóstica, ¿qué preguntas me harías para descartar alguna de estas dos opciones?
2. Posteriormente decides realizarme una prueba diagnóstica para asegurarte. Investiga qué pruebas existen para el diagnóstico de la Covid-19, escribe al menos 3 y elige la que sea más sensible y específica.
3. Le tienes que pedir al personal de enfermería que me realice una toma de muestra nasofaríngea para la prueba, y además tienen que llevártela al laboratorio. Describe los pasos que debe seguir para realizarlo.
4. Describe brevemente en qué consiste la técnica de la PCR (*polymerase chain reaction*) y qué científico la ideó.
5. ¿Por qué son necesarios los ciclos térmicos que ocurren en el termociclador?
6. Aparte de la maquinaria para que se produzcan los ciclos térmicos necesitamos una serie de elementos bioquímicos para poder realizarla. Escribe los todos.
7. Se considera que la secuencia de ADN que se pretende amplificar es la siguiente:
5' GAGCCACACCCGAGGGTTGGCCAACTCTACTTTCTATGGTTAAGTTCATGTCATAGGAAG 3'
 - a. Diseña un oligonucleótido de 10 pares de bases para amplificar mediante PCR el fragmento de ADN que se indica.
 - b. Indica la orientación (5' y 3') del oligonucleótido que has diseñado.
8. Si se conoce la secuencia de bases de este gen de la Covid-19, que nos sirve para su diagnóstico, es porque existen las técnicas de secuenciación del ADN, como el método Sanger. Haz un dibujo de la posible autorradiografía, producto de la técnica de Sanger, que dio lugar a la secuenciación de las 20 primeras bases de la secuencia de amplificación que se indica en la cuestión 7.
9. Sin embargo el material genético del virus del SARS-CoV-2 no es ADN, es ARN. Por lo tanto, se necesita una enzima más para realizar la prueba PCR.
 - a. Indica el nombre de esta enzima y cuál es su función.
 - b. Indica también cómo se llama esta técnica PCR especializada que parte de ARN en vez de ADN.
 - c. Indica la secuencia de bases y su orientación (5'-3') del fragmento de ARN del virus a partir del cual se ha obtenido la secuencia de ADN de la cuestión 7.
 - d. Diseña otro oligonucleótido (indicando también su orientación 5'-3') a partir del cual pueda actuar la enzima que contestaste en el apartado a. de esta cuestión.
10. También me gustaría saber la carga viral que tengo (cantidad de virus), para lo cual necesito hacerme otra prueba PCR especializada distinta a la convencional.
 - a. Indica su nombre.
 - b. Calcula el número de copias del ADN inicial que se habrán realizado al término de 30 ciclos de amplificación.
11. Al realizar la electroforesis en gel con un marcador de peso molecular se puede observar una gruesa franja fluorescente que alinea a la altura de las 400 pares de bases.
 - a. ¿El resultado de la prueba será positivo o negativo para Covid-19?
 - b. ¿De qué tamaño es el fragmento de ADN que ha sido amplificado?
12. Investiga qué más aplicaciones tiene el uso de la PCR y descríbelas.

9.4. Rúbrica de evaluación de la obra de teatro *Del laboratorio a la mesa.*

RÚBRICA: Evaluación de la actuación en la obra de teatro.	Alumno:
Unidad:	

	EXCELENTE (9-10)	BUENO (7-8)	ADECUADO (5-6)	MEJORABLE (1-4)	PONDERACIÓN	VALORACIÓN
EXPRESIÓN ORAL	Expresión clara, tono de voz fuerte, matices vocales que caracterizan al personaje, llama la atención del público.	Representa claramente el personaje pero el tono de voz lineal y más ligero.	Su expresión oral es plana, sin matices que caractericen al personaje, y no capta la atención del público.	Su expresión no es clara, no utiliza matices en ella, y es demasiado baja.	0,2	
EXPRESIÓN CORPORAL	Utiliza bien el espacio asignado para la representación, se mueve y realiza gestos propios del personaje.	Utiliza el espacio asignado, se mueve de manera inconstante, y no muestra seguridad en su representación.	Desaprovecha el espacio, y realiza los movimientos de manera mínima.	Se queda permanentemente en un lugar y no gesticula.	0,2	
ESCENOGRAFÍA	Presenta una escenografía acorde al tema central de la obra y utiliza los materiales acordados en las sesiones anteriores.	Presenta una escenografía acorde al tema pero no la pactada.	Presenta una escenografía deficiente.	No presenta escenografía.	0,1	
VESTUARIO	Presenta un vestuario acorde al personaje que representa.	Presenta un vestuario poco trabajado pero acorde al personaje que representa.	Presenta un vestuario pero no va acorde con el personaje al que representa.	No presenta ningún vestuario especial.	0,1	
ACCIÓN	Se pueden identificar las acciones destinadas a captar la atención del espectador y se adaptan a la escena que se esté representando.	No da continuidad a las escenas, cambiando radicalmente su actuación.	Ni las acciones ni su secuencia quedan claras.	Las acciones son lineales y planas y no captan la atención del público.	0,1	
TIEMPO	Se ajusta al tiempo establecido de 20 minutos máximo.	No se ajusta al tiempo establecido y ha terminado 3 minutos después del límite.	No se ajusta al tiempo establecido y ha terminado 5 minutos después del límite.	No se ajusta al tiempo establecido y se le ha tenido que indicar la finalización de la representación.	0,1	
TRABAJO GRUPAL	Durante la sesión preparatoria se observa una buena colaboración con sus compañeros, aporta ideas, y trabaja en la mejora de la representación del grupo para conseguir que la obra salga adelante.	Trabaja colaborando con sus compañeros, se esfuerza, pero no aporta ideas para la mejora del grupo.	Sólo muestra compañerismo en algunas ocasiones, no aporta ideas y la mayoría del tiempo se comporta de manera individualista.	No ha habido trabajo colaborativo, ha reinado la individualidad, y se ha reflejado en la representación teatral.	0,2	

9.5. Escenas y personajes de la obra de teatro *Del laboratorio a la mesa*.

OBRA DE TEATRO: DEL LABORATORIO A LA MESA.

PERSONAJES.

1. **Investigador 1:** Es biólogo, investiga qué organismos tienen ciertas características deseadas para luego, por ingeniería genética, introducirlas en el cultivo de interés.
2. **Investigador 2:** Es biotecnólogo, investiga qué organismos tienen ciertas características deseadas para luego, por ingeniería genética, introducirlas en el cultivo de interés.
3. **Escritor:** Es uno de los comunicadores, brinda información sobre las innovaciones tecnológicas para que el público las conozca y entienda, y eventualmente, pueda juzgarlas de manera apropiada.
4. **Periodista:** Es uno de los comunicadores, brinda información sobre demandas y problemas sociales.
5. **Agricultor 1:** Trabaja en el campo y es partidario de la optimización de su trabajo mediante las posibilidades de la ingeniería genética.
6. **Agricultor 2:** Trabaja en el campo y es partidario de los cultivos tradicionales, negándose a implementar la ingeniería genética en sus cultivos por considerarla poco segura.
7. **Activista:** Representa a un gran grupo o asociación de influencia que surge en reacción a las nuevas biotecnologías y se manifiesta en su contra.
8. **Regulador 1:** Es el encargado de advertir la peligrosidad de los pesticidas tradicionales.
9. **Regulador 2:** Es el responsable de asegurar que los cultivos transgénicos son inocuos para el ambiente, el hombre, y los animales.
10. **Empresario 1:** Es el dueño de una industria que produce pesticidas que se convierte en biotecnológica, y cuyo cliente es el agricultor 1.
11. **Empresario 2:** Es el dueño de una industria alimentaria cuyo cliente es el dueño del supermercado.
12. **Veterinario:** Es el doctor de los animales y participa en el análisis de seguridad alimentaria de los cultivos transgénicos para consumo animal.
13. **Médico especialista en nutrición:** Interviene en el análisis de seguridad alimentaria de los cultivos transgénicos.
14. **Entomólogo:** Es experto en insectos.
15. **Ambientólogo:** Sabe sobre suelos, riesgos medioambientales, control de plagas y enfermedades, fisiología vegetal, ecología, y rotación de cultivos.
16. **Abogado:** Defiende los intereses de la industria biotecnológica frente a los reguladores.
17. **Economista:** Evalúa el impacto de la comercialización de los cultivos transgénicos en diversos mercados.
18. **Diplomático de EEUU:** Defiende los intereses de EEUU y negocia para llevarlos a cabo.
19. **Diplomático de África:** Defiende los intereses de algún país africano y negocia para llevarlos a cabo.
20. **Dueño del supermercado:** Oferta los productos alimenticios a los consumidores tras haberlos comprado al empresario 2.
21. **Transportista:** Transporta los productos alimenticios desde la industria al supermercado.
22. **Reponedor:** Trabajador del supermercado que posibilita el acceso de los productos alimenticios a los consumidores.
23. **Consumidor 1:** Compra el producto alimenticio en el supermercado.
24. **Consumidor 2:** Consume el producto alimenticio en su hogar.

DESARROLLO DE LA OBRA.

ESCENA 1.

Investigador 1 e **investigador 2** en el laboratorio: Están investigando los genes de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, y descubren que hay uno de ellos que codifica para una toxina capaz de matar a algunos insectos, como a la oruga del taladro del maíz. El **escritor** lo publica en las revistas científicas.

Agricultor 1: Este año las cosechas no han sido nada productivas, lo que ha llevado a grandes pérdidas, debido a que la oruga del taladro se ha comido y destrozado la mayoría de las plantas del maíz. El **periodista** lo difunde en la televisión.

Regulador 1: Advierte al **empresario 1** de que sus pesticidas son altamente perjudiciales para la salud ambiental y humana.

El **empresario 1** debe innovar y se pone a investigar las novedades en ciencia, tecnología, y sociedad.

El **empresario 1**, que se ha enterado de los nuevos descubrimientos de los **investigadores**, decide contratarlos. Juntos tienen una idea innovadora: Introducirán en las semillas del maíz de sus clientes el gen que codifica para la toxina, que lo extraerán de la bacteria mencionada. Las plantas que crecerán de esas semillas serán transgénicas, pues todas sus células tendrán un gen foráneo que produce una proteína que mata a las orugas que las parasitan.

El **empresario 1** vende las semillas transgénicas al **agricultor 1**. Éste siembra las semillas y ve las mejoras en sus cosechas, que ya no están destruidas por la oruga del taladro.

ESCENA 2.

El **agricultor 2** y el **activista** se manifiestan en las calles: Están en contra del uso de transgénicos en agricultura porque va en contra de la naturaleza, son experimentos desconocidos cuyos efectos sobre la salud humana y el medio ambiente no han sido suficientemente estudiados, las empresas biotecnológicas son las que se llevan los beneficios en detrimento de la economía de los pequeños agricultores tradicionales, y las tierras cultivadas con transgénicos contaminan los productos naturales a través de la polinización atentando contra la libertad de los consumidores que sólo quieren consumir plantas orgánicas.

El **veterinario** y los **investigadores** realizan más pruebas de control de calidad de los cultivos transgénicos: Alimentan a ratones de laboratorio con la proteína transgénica en dosis mil veces mayores a las que consumiría una persona. Ningún ratón tuvo efectos secundarios.

El **médico especialista en nutrición** analiza los potenciales riesgos para la salud del consumo del maíz Bt, pero determina que esta toxina no es maliciosa para el ser humano.

El **entomólogo** identifica en los terrenos donde se cultiva maíz transgénico Bt no sólo los cadáveres de las orugas del taladro, sino también de la oruga monarca (inofensiva).

El **entomólogo** y el **ambientólogo** investigan las consecuencias para los ecosistemas de la producción de maíz Bt: Se descubre que, aunque se dificulte la vida de las mariposas monarcas, sólo ocurre al nivel del terreno de las plantaciones transgénicas, y no tiene repercusiones ecológicas a mayor escala. Sin embargo también descubren que están introduciendo en el ecosistema una nueva presión selectiva para las orugas del taladro, provocando que sobrevivan sólo las resistentes a la toxina, lo que modifica la composición de las comunidades de este insecto, y puede llevar a cambios en los ecosistemas. Sin embargo, el uso de transgénicos sigue siendo más sostenible que el uso de pesticidas.

El **abogado** defiende los intereses de la empresa biotecnológica frente al **regulador 2**: Los cultivos transgénicos han pasado más controles que cualquier otro producto alimenticio, con resultados positivos. La

opción de seguir rociando con pesticidas resulta mucho más perjudicial tanto para la salud humana como para la ambiental. El **regulador 2** decide finalmente aprobar la comercialización del maíz Bt.

El economista, el ambientólogo, el diplomático de EEUU, y el diplomático de África negocian: **El economista** informa de que al aumentar la producción en EEUU todos los agricultores buscan producir más para ser más competitivos en el mercado, cayendo el precio de los productos y dando lugar a excedentes de producción que se desperdician. El **diplomático estadounidense** explora la posibilidad de darles a los africanos estos excedentes para paliar las consecuencias del hambre en sus países. El **diplomático de África** contesta que eso sólo lastraría su economía y sistema productivo, que ya es deficitario de por sí, y demanda la biotecnología para ellos, lo que haría aumentar su productividad y llegar a ser competitivos dentro del mundo globalizado, sin dejar atrás la agricultura tradicional de sus pueblos. El **ambientólogo** aporta que además, de esta manera, se solucionarían los problemas de contaminación asociados al transporte.

ESCENA 3.

El **agricultor 1** cultiva y recoge el maíz Bt, y el **empresario 2** le compra sus plantas. Posteriormente las procesa en su industria alimentaria para producir snacks de maíz.

El **regulador** le indica al **empresario 2** la necesidad de etiquetar los productos como alimento transgénico. El empresario 2 así lo hace.

El **dueño del supermercado** compra sus productos al **empresario 2**.

El transportista acude a la fábrica, paga al **empresario 2**, y se lleva los snacks de maíz para entregárselos al **dueño del supermercado**.

El **reponedor** oferta los snacks a **los consumidores** en el supermercado.

El **consumidor 1** acude al supermercado y compra el producto a un precio reducido, por lo que está satisfecho con la compra. Llega a su casa y prepara un bol con los snacks de maíz, que comparte con el **consumidor 2**.