



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

INFORMACIÓN E INGENIERÍA GENÉTICA

Alumno/a: **Martínez Martínez, Luisa María**

Tutor/a: Prof. Dra. Ana María Abril Gallego

Dpto: Departamento Didáctica de las Ciencias

Octubre, 2020

Índice

1. AGRADECIMIENTOS.....	5
2. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE (español e inglés).....	7
3. INTRODUCCIÓN	9
BLOQUE I	11
4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	12
4.1 La Genética en el sistema educativo español	12
4.2 Obstáculos en el aprendizaje de las ciencias y de la Genética	13
4.3 Antecedentes al Modelo constructivista en el proceso enseñanza aprendizaje de las ciencias	15
4.4 Bases teóricas para aplicar el Modelo constructivista en la enseñanza de las ciencias	16
4.4.1 Modelo tradicional frente al Modelo constructivista en Genética...16	
4.4.2 Importancia de las ideas previas del alumnado en el proceso de aprendizaje de Genética. Usos de test para detectarlas	17
4.4.3 Herramientas para el cambio conceptual.....19	
4.4.4 Historia de la ciencia	21
4.4.5 Enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA): Controversias socio-científicas	22
4.4.6. Uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICS) ...23	
4.4.7 Gamificación para enseñar genética.....27	
4.5 Aprendizaje cooperativo en el aula de Educación Secundaria	27
4.5.1 Definición y características a tener en cuenta en el uso del aprendizaje cooperativo en Educación Secundaria	28
4.5.2 Modelos de aprendizaje cooperativo utilizados en esta propuesta didáctica	29
BLOQUE II	31
5. PROPUESTA DIDÁCTICA	32
5.1 Introducción	32
5.2 Legislación.....32	
5.3 Justificación.....33	

5.4 Contextualización	34
5.4.1 Descripción del centro escolar	34
5.4.2 Perfil del grupo-clase.....	36
5.5 Competencias clave	36
5.6 Objetivos.....	38
5.6.1 Objetivos generales de etapa	38
5.6.2 Objetivos generales de área	39
5.6.3 Objetivos Didácticos de la Unidad	40
5.7 Contenidos	43
5.8 Distribución temporal.....	47
5.8.1 Descripción y secuenciación de actividades.....	47
5.9 Metodología.....	65
5.10 Materiales	66
5.11 Atención a la diversidad y adaptaciones curriculares.....	67
5.12 Evaluación	68
5.12.1 Criterios de evaluación	68
5.12.2 Criterios de calificación.....	70
5.13 Contenidos transversales	74
5.14 Trabajo interdisciplinar	75
5.15 Actividades complementarias o extraescolares	75
5.16 Plan concreto de lectura	75
6. BIBLIOGRAFÍA	77
7. ANEXOS	83

1. AGRADECIMIENTOS

Agradecer a todas las personas que gracias a su colaboración, disponibilidad y apoyo han hecho posible la realización de este Trabajo Fin de Máster. En primer lugar y especialmente a la Doctora Ana María Abril Gallego por el aporte de sus conocimientos sobre la didáctica de las ciencias experimentales tanto en este trabajo como en las asignaturas de este Máster en las que ha impartido clase. También agradecer enormemente su tiempo y atención en la mejora y revisión de este trabajo. En segundo lugar, dar las gracias a la Universidad de Jaén y a todo el profesorado que ha hecho posible la realización de este Máster, que este año ha supuesto un esfuerzo añadido, dadas las circunstancias que han surgido de la situación actual de la pandemia COVID-19. En último lugar, agradecer en todo momento el apoyo tan importante de Alberto, toda mi familia y amigos. En especial a mi hermana Bruna por su ayuda y su tiempo para mi montaña de dudas.

Gracias a todos.

2. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La Genética es una rama importante de la biología que engloba tanto el estudio de la transmisión de caracteres morfológicos y fisiológicos de generación en generación, como de los mecanismos y moléculas que controlan dicha transmisión. El gran incremento de los avances tecnológicos que ha experimentado durante los últimos tiempos ha provocado una impactante revolución científica en diferentes campos como el de la medicina, la agricultura, el medio ambiente e incluso el de la ética. Por ello, es imprescindible su estudio en los centros educativos para favorecer la alfabetización científica de un alumnado que prontamente será parte activa de la sociedad.

Para el alumnado de Educación Secundaria, la Genética es una de las áreas que suscita una mayor motivación e interés debido a su aplicación directa en la sociedad. Sin embargo, presenta mayores dificultades de aprendizaje debido a la existencia de numerosos conceptos abstractos, ideas previas del alumnado y al predominio de la metodología tradicional de enseñanza que sigue el profesorado en las aulas. Por ello, en este Trabajo Fin de Máster se desarrolla una propuesta didáctica para abordar los contenidos curriculares de la Unidad Didáctica “Información e Ingeniería genética” destinada a 4º de la ESO siguiendo un modelo constructivista. Para lograr un aprendizaje significativo y pensamiento crítico en el alumnado de los conceptos básicos en torno a la Genética, se han utilizado las metodologías de enseñanza que se detallan en la parte de fundamentación teórica de este trabajo y que permiten que esta propuesta pueda ser aplicada tanto en clases presenciales como en clases adaptadas a docencia no presencial.

Palabras clave: genética, Educación Secundaria, sociedad, alfabetización científica, aprendizaje cooperativo

Abstract and keywords

Genetics is an important branch of biology that is responsible for both study of the transmission of morphological and physiological characters from generation to generation, as well as the mechanisms and molecules that control this transmission. The great increase in technological advances that it has undergone recently has caused an impressive scientific revolution in different fields such as medicine, agriculture, the environment and even ethics. For this reason, it is essential to study Genetics in educational centers to promote the scientific literacy of students who will soon become an active part of society.

For Secondary Education students, Genetics is one of the areas that arouses greater motivation and interest due to its direct application in society. However, it presents greater learning difficulties due to the existence of numerous abstract concepts,

previous ideas of the students and the predominance of the traditional teaching methodology that teachers follow in classrooms. For this reason, in this Final Master's Project a didactic proposal is developed to address the curricular contents of the Didactic Unit "Genetic Information and genetic engineering" destined for 4th year of ESO following a constructivist model. To achieve meaningful learning and critical thinking in students of the basic concepts around Genetics, the teaching methodologies detailed in the theoretical foundation part of this work have been used and allow this proposal to be applied both in face-to-face classes as in classes adapted to non-face-to-face teaching.

Keywords: genetics, secondary education, society, scientific literacy, cooperative learning

3. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Fin de Máster (TFM), se enmarca dentro del Máster Universitario de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, en concreto en la especialidad de Biología y Geología.

La disciplina que se ha abordado en este trabajo es la Genética. La Genética es la rama de la biología que estudia la transmisión de caracteres morfológicos y fisiológicos de generación en generación y los mecanismos y moléculas que controlan dicha transmisión. Los avances de esta ciencia, que se inicia con los descubrimientos de Mendel a finales del siglo XIX, están en un continuo y espectacular crecimiento en las últimas décadas. Además, en los medios de comunicación es muy frecuente ver el desarrollo actual de múltiples investigaciones y aplicaciones de biotecnología e ingeniería genética en medicina y agricultura. Por ejemplo noticias relacionadas con la creación de alimentos transgénicos u Organismos Genéticamente Modificados (OGM) para aumentar la producción de leche o insulina a niveles industriales. También en relación con la terapia génica y el uso de células madre o con la clonación, etc. Además, junto con todos estos avances aparecen importantes debates con opiniones contrastadas acerca de la aplicación de estas técnicas, que van desde la intranquilidad, preocupación o el miedo a la esperanza en las mismas (Knippels, Severiens, & Klop, 2009). Dada esta situación, el estudio de la Genética contribuye a la alfabetización científica de la sociedad, preparando al alumnado para que sean personas activas, críticas y conscientes en los temas socio-científicos que puedan influirles en su vida cotidiana.

Este trabajo se divide en dos grandes bloques bien diferenciados, pero relacionados entre sí. El primer bloque abarca la fundamentación teórica que recoge, por un lado, una breve evolución histórica de la Genética y las dificultades u obstáculos que existen para que el alumnado alcance un aprendizaje significativo de ciencias en general y de la Genética en particular. Por otro lado, se hace una revisión de alternativas metodológicas propuestas por la Didáctica de las Ciencias así como recursos y estrategias para la enseñanza de la Genética. Para aplicar los conocimientos adquiridos, en el segundo bloque, se ha elaborado una propuesta didáctica “Información e Ingeniería genética” con una serie de actividades innovadoras, a impartir en el 4º curso de ESO. En dicha propuesta se abordan los contenidos curriculares de Genética, como son los ácidos nucleicos, ADN y ARN, y sus usos en la vida cotidiana, de acuerdo con las orientaciones del currículo establecido por la ley. También se identifican los elementos curriculares (objetivos y competencias, contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables) a llevar a cabo, así como las actividades, metodologías didácticas, temporalización y los elementos necesarios para su evaluación (instrumentos y criterios de evaluación).

Las metodologías utilizadas en esta propuesta facilitan el aprendizaje significativo en todo momento y surgen de una combinación de los conocimientos de la historia de la ciencia, el uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICS) y del vínculo de la ciencia, tecnología y sociedad.



BLOQUE I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Este apartado de fundamentación teórica comienza realizando una pequeña revisión del tratamiento de los contenidos relativos a Genética en las distintas leyes de educación que hemos tenido en los últimos 30 años. En segundo lugar se realiza una breve revisión de los obstáculos que existen para el alumnado en el aprendizaje significativo de las ciencias en general, y de la Genética en particular. Por último se recogen las estrategias metodológicas de enseñanza propuestas por la Didáctica de las Ciencias así como otros recursos que han sido utilizados en la propuesta didáctica de este trabajo.

4.1 La Genética en el sistema educativo español

Desde 1970 hasta la actualidad se han sucedido diferentes leyes educativas en España. Entre las leyes que llegaron a implantarse destacaron: la Ley General de Educación (LGE) que entró en vigor en 1970 y, seguida a esta, la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) en 1990 que fue anulada por la Ley Orgánica de Educación (LOE) en 2006. Esta última ha sido modificada por la Ley Orgánica para la mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) en 2013. Esta nueva LOMCE no es una reforma global del sistema educativo, sino una reforma parcial del mismo. La Ley de 1970 no hace ninguna mención a contenidos vinculados a la Genética, tan solo hace referencia a la ciencia de forma general y a algunos conceptos relacionados con la estructura celular. En el plan de estudios de la Educación no obligatoria, concretamente en BUP (Bachillerato Unificado Permanente) se incluyen contenidos de herencia biológica y Genética humana en la asignatura de Ciencias Naturales. Posteriormente con la aparición de la LOGSE en 1990, la Genética obtiene una mayor importancia en las aulas debido a que cobra mayor presencia en la sociedad. Por esto se incluye en la asignatura de Biología y Geología en 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria donde se trabajan en profundidad temas como la división celular, herencia mendeliana, genes, material genético, etc.

Posteriormente con la llegada de la LOE en 2006 y la Ley de Educación de Andalucía en 2007 se hace mayor énfasis en la Genética. En esta normativa los contenidos relacionados con la genética se estudian en profundidad en el 4º curso de ESO, en la asignatura “Biología y Geología” que es una de las tres asignaturas que el alumnado tiene la opción de elegir en este curso.

Finalmente, con la llegada de la LOMCE en 2013 es cuando más importancia se le ha dado a los contenidos de Genética, tratándose en cinco asignaturas. Una de ellas es Cultura Científica que es de carácter optativo y se imparte en 4º curso de ESO y en el primer curso de Bachillerato. Biología y Geología que también es optativa en 4º de ESO. También la asignatura de Filosofía y, en segundo de bachillerato encontramos otras dos, Biología y Psicología.

A partir de esta breve revisión en cuanto a la leyes educativas que se han ido sucediendo en España, se deduce que el aprendizaje de la Genética sigue siendo opcional a pesar de que sus contenidos tienen cada vez una mayor influencia en la sociedad y de que la ley educativa actual recoge la importancia de la formación científica para formar ciudadanos competentes y críticos en este campo. El que haya diferentes puntos de vista a la hora de incluir o no temas de Genética en el currículo de ciencias de los 12 a 16 años ha generado controversias entre los investigadores (para más información ver Muela, 2014), aunque en general todos reconocen la importancia de que el alumnado logre obtener los conocimientos adecuados en este campo. De hecho la Genética también se usa en otros contextos más allá de la Biología y aporta contenidos transversales a otras disciplinas como son las asignaturas de Letras como la Historia o la Filosofía.

4.2 Obstáculos en el aprendizaje de las ciencias y de la Genética

El alumnado muestra dificultades a la hora de aprender ciencia de forma significativa (Campanario & Otero, 2000). Por ello, es importante analizar cada uno de los componentes de la formación y educación que se imparte en los institutos. Un elemento fundamental para dicho análisis son los informes de calidad en la enseñanza como es el caso del informe PISA (Programa Internacional de Evaluación del alumnado). Dicho programa evalúa la formación del alumnado en tres competencias (lectura, competencia y ciencias) cuando llegan al final de la etapa obligatoria (4º ESO) y sirve para promover mejoras en el ámbito académico (Sánchez & Delgado, 2013). Los resultados en España del último informe PISA de 2018 en cuanto a la puntuación obtenida en la competencia científica, fue de 483, el valor más bajo desde que España empezó a formar parte de este programa hace 13 años. Un valor que además es significativamente menor que la media de la OCDE y lejos de la puntuación de los países excelentes en esta competencia como Singapur, Japón y Finlandia.

En general se puede hablar de la existencia de diversos obstáculos que dificultan y hacen ineficiente el aprendizaje de las ciencias en general. Los principales obstáculos que se presentan en los tres pilares del proceso educativo en ciencias (alumnado, profesorado y sistema educativo) han sido identificados en varios trabajos. Así, Pozo y Gómez (2009), destacan los siguientes:

- Obstáculos que presenta el alumnado: dificultades a la hora de comprender los conceptos por el predominio de sus ideas previas, dificultades procedimentales en la resolución de problemas de ciencias, actitud negativa frente al aprendizaje debido a las dificultades y falta de habilidades metacognitivas para aprender ciencias y evaluar el grado en el que están aprendiendo.

- Obstáculos que presenta el sistema educativo: las continuas reformas legislativas hacen que no haya continuidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias unido a la poca carga lectiva destinada a las ciencias.
- Obstáculos que presenta el profesorado: la carga curricular les lleva a hacer uso de la metodología tradicional de transmisión-recepción que no propicia el aprendizaje significativo. Proponen actividades repetitivas, usan el libro de texto como único recurso y no establecen relación entre la ciencia, tecnología y sociedad.

En cuanto a las dificultades de enseñanza aprendizaje en temas de Genética son todavía más comunes. A continuación se enumeran los obstáculos identificados por varios autores (Ayuso, Abellán, & Banet Hernández, 1996; Caballero, 2008; Figini & De Micheli, 2005; Íñiguez & Puigcerver, 2013):

- Intrínsecos al alumnado: por un lado, las ideas previas relacionadas con la genética con las que el alumnado llega al aula. Construye sus propios conceptos erróneos ya que está recibiendo información constantemente de diferentes fuentes. Por otro lado, otro obstáculo es el nivel de desarrollo cognitivo del alumnado y la competencia lógico-matemática, ambos necesarios para la resolución de problemas de Genética.
- Intrínsecos a la materia: la presencia de numerosos conceptos abstractos.
- Extrínsecos en los que intercede el docente: por un lado, se encuentra el modelo de enseñanza de transmisión-recepción tradicional de la Genética que sigue el docente. Y, por otro lado, el uso del libro de texto como único recurso siguiendo el orden en el que aparecen los contenidos curriculares en él. Muchos autores han llegado a la conclusión de que se debe mejorar las definiciones de los principales conceptos de Genética en los libros de texto (Banet & Ayuso, 1995; Martínez, García, & Gil, 2005). Los análisis de contenidos de genética en diferentes libros reflejan que hay una transmisión de errores conceptuales de forma sistemática (Martínez et al., 2005).
- Extrínsecos en los que no intercede el docente: la carga curricular mencionada anteriormente.

En respuesta a estos obstáculos y dificultades, la Didáctica de las Ciencias lleva décadas trabajando en numerosas investigaciones sobre la enseñanza para intentar solventarlas basándose en diferentes métodos y estrategias que veremos en los siguientes apartados de este bloque.

4.3 Antecedentes al Modelo constructivista en el proceso enseñanza aprendizaje de las ciencias

En este apartado se describen brevemente los diferentes modelos didácticos relacionados con este trabajo y que se han ido desarrollando a partir del momento en el que se incluyeron los contenidos de ciencias en el currículo obligatorio de la escuela pública en el siglo XIX (Perales, 2000).

El modelo de transmisión-recepción ha sido el más utilizado tradicionalmente en la enseñanza y también en la actualidad. Este modelo comprende una ciencia de naturaleza deductiva donde, a partir de unos conocimientos delimitados, se pueden ir añadiendo los nuevos conocimientos sin que esto resulte en la modificación del descubrimiento anterior. El profesorado es la figura principal del proceso enseñanza aprendizaje. El contenido a impartir es de naturaleza conceptual y está estructurado de forma lógica y la evaluación es de naturaleza reproductiva (Muela, 2014). Este modelo comparte los fundamentos psicológicos del conductivismo que contempla que el aprendizaje debe fundamentarse en la asociación de ideas (Domjan, 2009). En cuanto a la valoración de este modelo, se puede afirmar que el alumnado realiza un aprendizaje memorístico y no significativo al no participar estos de forma activa y consciente en la construcción de su propio conocimiento. Sin embargo, una ventaja de este modelo es la enseñanza expositiva que es muy útil para introducir contenidos nuevos y complejos o para transformar las ideas previas erróneas (Muela, 2014).

El método científico fue planteado por la comunidad educativa a finales de la década de los cincuenta como modelo de enseñanza limitando los contenidos a enseñar. En este modelo se concibe una ciencia con carácter empirista e inductivo, es decir, todo trabajo científico parte de una hipótesis cuyo contraste requiere de un experimento y una observación. El profesorado pasa a ser una figura más secundaria en el aprendizaje y el contenido a impartir tiene una carga procesual en lugar de conceptual (Muela, 2014). En este modelo el alumnado tiene un papel científico y activo en el proceso de enseñanza aprendizaje ya que construye su propio conocimiento a partir del conocimiento ya asentado. Los autores Bruner y Piaget aportan los fundamentos psicológicos de este modelo y lo proponen como instrumento para el desarrollo cognitivo de la persona. Como punto negativo de este modelo está su escasa aplicabilidad en las aulas además de su rechazo hacia los contenidos conceptuales y hacia la enseñanza transmisiva. El punto positivo es que da importancia a la presencia de los procesos científicos en el proceso de enseñanza aprendizaje resultando en innovadores contenidos curriculares, sin embargo dichos procesos se basan en seguir prácticas tipo receta que en realidad están lejos de guiar el aprendizaje del alumnado.

4.4 Bases teóricas para aplicar el Modelo constructivista en la enseñanza de las ciencias

Al final de la década de los ochenta se consolida el modelo constructivista. En este modelo se concibe que el ser humano aprenda y que haya una transferencia del conocimiento, la propia persona debe de tener un papel activo en su proceso de aprendizaje y partir de sus ideas previas para construir los nuevos conocimientos. Las ideas previas son confeccionadas por el alumnado para responder a fenómenos naturales o conceptos científicos.

El modelo constructivista se fundamenta de las teorías del aprendizaje defendidas por Piaget, Ausubel y Vygotsky. Piaget contribuyó a este modelo con la epistemología genética, aportando sus estudios sobre el nacimiento de la inteligencia y los estadios cognitivos por los que pasa un sujeto. Ausubel aportó a este modelo el aprendizaje significativo, que apareció en la década de los 70 como contraposición al aprendizaje memorístico característico del modelo tradicional de transmisión-recepción mencionado anteriormente. Según este autor para que el alumnado desarrolle un aprendizaje significativo, debe tener una actitud positiva ante el aprendizaje y además el material debe de resultar atractivo, es decir, debe ser significativo y relevante. Por último, Vigotsky contribuyó con el constructivismo social, cuyo principio de aprendizaje se basa en una interacción entre el sujeto y el medio, pero el medio entendido como algo social y cultural. Para este autor el aprendizaje es considerado como una actividad social más que individual (Carretero, 1997; Perales, 1992).

En resumen, el modelo constructivista considera que el aprendizaje parte de las ideas previas que el alumnado tiene sobre el mundo y el profesorado ha de propiciar el cambio y la transformación de esas ideas hacia un conocimiento científicamente correcto (Driver & Oldham, 1986).

4.4.1 *Modelo tradicional frente al Modelo constructivista en Genética*

Es muy común la persistencia de ideas previas erróneas sobre conceptos de Genética en el alumnado (Azeglio, Mayoral, & Sara, 2015; Caballero, 2008; Infante-Malachias, Padilha, Weller, & Santos, 2010; Ruiz, Banet, & Lopez, 2017). Esto puede estar relacionado con el hecho de que en la enseñanza de temas con contenidos de Genética en las aulas de secundaria se ha mantenido el método tradicional. A continuación se enumeran las principales características del método tradicional de enseñanza (Íñiguez & Puigcerver, 2013):

- En este método el alumnado es considerado como páginas en blanco sin tener en cuenta las ideas previas que tengan sobre el tema.

- El profesorado es el que transmite el conocimiento ya elaborado y el alumnado no tiene un papel activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir, adquiere el conocimiento memorizando.
- El profesorado no hace por cambiar o modificar las ideas previas del alumnado al no tener en cuenta las ideas previas.
- El material utilizado en clase de forma exclusiva es el libro de texto.
- Las clases se imparten de forma magistral poniendo a disposición del alumnado una serie de conceptos que debe estudiarse.
- Los aspectos procedimentales o actitudinales en el proceso educativo no tienen importancia, como es el caso de las aplicaciones de la biotecnología.

En cuanto a las características del método constructivista de enseñanza son las que se enumeran a continuación (Íñiguez & Puigcerver, 2013):

- El alumnado participa activamente en el proceso de enseñanza.
- Las ideas previas del alumnado se tienen en cuenta y se utilizan como punto de partida.
- Se utilizan otro tipo de recursos además del libro de texto como el uso de modelos tridimensionales de ADN, modelos de células eucariotas, etc.
- Los problemas de genética se contextualizan y se adaptan a la realidad cercana del alumnado sin desvincularlos de la meiosis.
- Se utilizan planteamientos didácticos que trabajen contenido actitudinales como por ejemplo la selección genética de embriones.
- El profesorado debe crear un contexto motivador que invite a participar al alumnado, que desencadene su curiosidad y que haga que el alumnado vea la aplicabilidad de la competencia científica en la vida cotidiana.

4.4.2 Importancia de las ideas previas del alumnado en el proceso de aprendizaje de Genética. Usos de test para detectarlas.

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, el modelo constructivista tiene como punto de partida las ideas previas del alumnado, también denominadas preconceptos o concepciones alternativas, sobre la temática con la que se va a trabajar. Las ideas previas están muy influenciadas por las experiencias cotidianas, saberes populares no científicos, los medios de comunicación e incluso por la presencia de errores conceptuales en libros de texto y otros aspectos metodológicos (Carrascosa, 2005). Las ideas previas están cargadas de sentido común y se mantienen invariantes entre el alumnado de diferentes contextos y sistemas educativos. Algunos autores han demostrado que la facilidad para cambiar o modificar las ideas previas en

el alumnado depende de la naturaleza de las ideas siendo las de base experimental más persistentes que otras (Engel & Driver, 1986).

Para lograr un aprendizaje significativo de las ciencias y más concretamente de los contenidos de genética es imprescindible un método que se base en conocer las ideas previas del alumnado (Campanario & Otero, 2000), donde este pueda construir su propio conocimiento apoyado por el profesorado y donde se rectifiquen estas ideas. Hay numerosas investigaciones en didáctica de la Genética centradas en la identificación y en el análisis de las ideas previas sobre Genética presentes en el alumnado de Educación Secundaria. Las ideas previas erróneas más comunes según estos estudios están relacionadas con la localización del material genético, la transmisión de la herencia biológica, conceptos básicos de genética, la meiosis y la mitosis. Además tienen falta de conocimientos adecuados en el ámbito de la estadística y la probabilidad. A continuación se enumeran algunas ideas previas erróneas del alumnado, citadas por Íñiguez y Puigcerver (2013) en la tabla 1.

Tabla 1. Principales ideas previas que presenta el alumnado en relación a los temas de genética (Extraído de Íñiguez & Puigcerver, 2013).

IDEAS PREVIAS ERRÓNEAS IDENTIFICADAS	AUTORES
Parte del alumnado cree que no todos los seres vivos tienen células.	Banet y Ayuso, 1995.
No todos los seres vivos presentan genes y cromosomas.	Wood-Robinson, Lewis, Leach y Driver, 1998.
Parte del alumnado cree que existen organismos que tienen cromosomas pero no genes, lo que refleja que no entienden estas estructuras.	Pashley, 1994; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000.
Las células sexuales son las únicas que tienen información hereditaria.	Hackling y Treagust, 1984; Banet y Ayuso, 2000.
Los cromosomas sexuales sólo se localizan en los gametos.	Longden, 1982; Radford y Bird-Stewart, 1982; Banet, 2000).
Parte del alumnado cree que los factores ambientales tienen mayor importancia en la herencia de los caracteres que los factores hereditarios.	Ramagoro y Wood-Robinson, 1995.
Errores en los conceptos gen, alelo, dominante, recesivo, mutación, ADN, ARN, etc.	Caballero (2008)
La mayor parte del alumnado no es capaz de diferenciar entre genotipo y fenotipo.	Lewis y Kattmann (2004).

Algunos no relacionan la estructura y función de los cromosomas ni la estructura del material hereditario. Parte del alumnado no sabe identificar ni es capaz de relacionar correctamente la estructura y la función de los cromosomas.	Brown, 1990; Stewart, Hafner y Dale, 1990; Kabuka-Sebitosa, 2007.
El alumnado presenta grandes dificultades a la hora de distinguir entre la meiosis y la mitosis. La mayoría del alumnado presenta grandes dificultades a la hora de relacionar el material hereditario con la expresión génica y la síntesis de proteínas.	Lewis, Leach y Wood-Robinson (2000). Rotbain, Marbach-Ad y Stavy, 2006; Duncan y Reiser, 2007; Marbach-Ad, Rotbain y Stavy, 2008; Duncan, Rogat y Yardner, 2009

La presencia de las ideas previas supone un gran reto para el profesorado debido a que tienen que hacer frente al aprendizaje y su didáctica desde una perspectiva más compleja. Así, las ideas previas proporcionan al profesorado la oportunidad de plantear metodologías que impulsen al cambio conceptual (Fernández, Guerrero, & Fernández, 2006).

Existen diferentes técnicas para detectar y recoger de forma organizada las ideas previas del alumnado. Todas aquellas actividades donde el alumnado tenga que utilizar sus ideas previas para su resolución son un buen instrumento. Algunos ejemplos de técnicas aplicadas en Educación Secundaria son el uso de cuestionarios, entrevistas y mapas conceptuales. Los cuestionarios son el método más empleado y flexible ya que producen un ahorro de tiempo considerable para el profesorado ya que hacen posible la obtención de información de muchos sujetos utilizando un único cuestionario. Entre los diversos tipos de cuestionarios se encuentran los de elección múltiple y verdadero/falso, donde las respuestas están limitadas y resultan complicados de interpretar ya que lo ideal es entender los razonamientos que han seguido para contestar. Otro tipo de cuestionarios son aquellos constituidos por preguntas que exponen situaciones que el alumnado tiene que resolver según sus ideas (ordenar procesos, señalar y completar secuencias). Por último también existen cuestionarios de preguntas abiertas en las que el niño tiene que dibujar o contar lo que piensa sobre un determinado tema.

4.4.3 Herramientas para el cambio conceptual

Dado que las ideas previas son la principal fuente de los errores conceptuales y debido a su persistencia en el alumnado, surge la necesidad de sustituir dichas ideas del alumnado por las ideas y conceptos nuevos aceptados por la comunidad científica para que el alumnado aprenda la ciencia actualmente aceptada. Esto es lo que los autores llaman cambio conceptual (Banet, 2000; Caballero, 2008; Campanario & Otero, 2000;

Jiménez, 1991). Según Posner, Strike, Hewson, & Gertzog (1982), para que tenga lugar un cambio conceptual hay dos puntos necesarios. Por un lado, el crear una insatisfacción con las ideas previas y, para ello, el profesorado debe plantear una serie de problemas que sea suficiente como para que el alumnado no pueda resolverlos con sus esquemas mentales. Y por otro lado, es necesario que las ideas nuevas sean inteligibles (que el alumnado comprenda su significado), plausibles (que sean reconciliables con los fenómenos conocidos) y fructíferas (que expliquen los problemas encontrados y amplíen el campo de conocimientos, abriendo nuevos campos de investigación).

Uno de los modelos de enseñanza más conocidos que se basan en el cambio conceptual es el modelo de Driver (1986, 1988). Está estructurado en una secuencia de actividades específicamente elaboradas para conseguir dicho cambio en cuatro fases:

- Orientación. Esta fase está destinada a captar la atención y generar interés en el alumnado por el tema.
- Explicitación. En esta fase hay una exposición de las ideas del alumnado para así identificar y clarificar las mismas.
- Reestructuración. Esta fase busca la modificación de las ideas del alumnado mediante el uso de diferentes metodologías y estrategias donde se incluyen actividades destinadas a producir insatisfacción con las propias ideas, modelos y analogías. Para así, producir el cambio conceptual en el alumnado.
- Revisión del cambio de ideas. En esta última fase se comparan las nuevas ideas con las ideas iniciales.

Como táctica de diseño de Unidades didácticas con una perspectiva constructivista, se han propuesto varios programas o secuencias didácticas que destacan unos objetivos comunes que se deben alcanzar. De este modo, trabajos de varios autores (Gil & Martínez-Torregrosa, 1987; Perales & Cañal, 2000), coinciden en que las secuencias didácticas deben comenzar por actividades de inicio donde haya una exploración de ideas previas y se generen conflictos cognitivos, siguiendo por actividades de desarrollo en las que se trabajen los nuevos contenidos científicos mediante experiencias y finalmente actividades resumen o de repaso que refuercen los aprendizajes como mapas conceptuales y resúmenes. Sin embargo no existe un consenso a cómo debiera articularse la instrucción, es decir, en el cómo enseñar. Por tanto, existen diferentes metodologías de perspectiva constructivista basadas en distintas estrategias para cumplir los objetivos marcados.

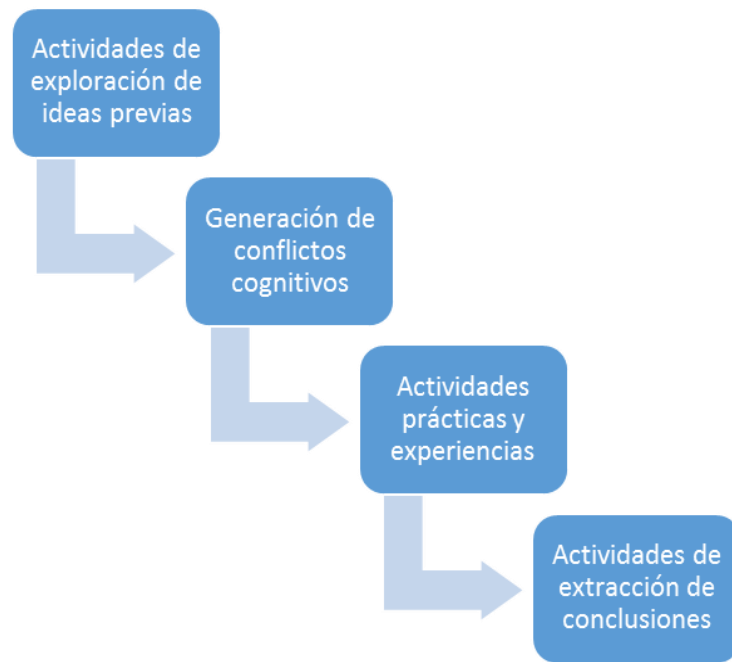


Figura 1. Esquema de la secuencia didáctica constructivista según Gil & Martínez-Torregrosa, 1987 y Perales & Cañal, 2000.

Entre las diferentes estrategias metodológicas que se han demostrado efectivas y que pueden ayudarnos como profesores a favorecer el cambio conceptual en el alumnado, destacan la Historia de la Ciencia, el Aprendizaje Basado en la Investigación (IBL, Inquiry Based Learning), el establecimiento de relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) y el uso de las herramientas de la tecnología de la información y la comunicación (TIC). En el siguiente apartado se describen las utilizadas en la propuesta didáctica de este trabajo.

4.4.4 Historia de la ciencia

Conocer la Historia de la Ciencia hace que aumente el interés del alumnado hacia el estudio de las Ciencias, ya que ayuda a tener una visión más correcta de la Ciencia y se aproxima a lo que es realmente el trabajo científico (Gené, 1992; Solbes & Traver, 2001).

Entre las razones para utilizar la Historia de la Ciencia en el aula podemos destacar las siguientes:

- Presenta a la ciencia como una disciplina viva y dinámica promoviendo así la actitud positiva del alumnado hacia esta.
- Hace que exista un menor grado de dificultad en el aprendizaje de la materia científica si echamos mano de cómo se fue generando el conocimiento científico desde sus inicios.

- De forma contextualizada, no anecdótica, pone en relieve la historicidad y la dimensión humana de la ciencia, al mostrar que tras el conocimiento científico, están las personas que la crearon.
- Se atenúa el dogmatismo que presenta la ciencia resultante del uso exclusivo del libro de texto y de la actitud del profesorado basada en el poco tiempo y esfuerzo dedicado.
- Se trabajan las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad (CTS). Un problema propio de la sociedad hace que aparezca una tecnología cuya base es la ciencia.
- Se comprende mejor la naturaleza, el método y la evolución de la ciencia. El alumnado comprende el papel de la observación en la ciencia, los procesos que siguen los científicos, la manera en la que surgen, se consolidan o se rechazan teorías científicas y el papel que desempeñan las teorías científicas para comprender el mundo que nos rodea.
- Nos permite conocer las dificultades y las ideas previas del alumnado y nos da la posibilidad de reducirlas.
- Se pueden sugerir nuevas metodologías o modelos didácticos.
- Se puede orientar la selección, secuenciación y la exposición de contenidos, de modo que se siga un orden que se asemeje al avance del hombre en la ciencia. Desde los fenómenos físicos descritos con los sentidos y sin la ayuda de ningún instrumento ni interpretación teórica, a lo más complejo.

Existen diversas estrategias metodológicas para la presentación de contenidos históricos sobre ciencia en el aula como recursos audiovisuales, murales, fichas históricas, biografías, etc. En los libros de texto se pueden encontrar estos recursos pero suelen aparecer en el principio como algo anecdótico y no se llega a integrar en los contenidos del tema.

La ficha histórica es el recurso más completo para introducir historia de la ciencia en una unidad didáctica. Consiste en un conjunto de recursos relacionados con la unidad en los que se puede incluir la vida de personajes importantes en la ciencia, la evolución de teorías científicas a lo largo del tiempo o escritos originales de científicos importantes.

4.4.5 Enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA): Controversias socio-científicas

El enfoque CTSA surge del papel fundamental que tiene la ciencia y la tecnología en la sociedad actual y en el medio ambiente. Se basa en orientar los contenidos del currículo educativo a un contexto social más cercano al alumnado para que este

experimente un cambio actitudinal en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y aprenda con interés el tema en cuestión (Solbes & Vilches, 2004). Según estos autores con las interacciones CTSA se adquieren una serie de valores entre los cuales destacan:

- Tener una percepción más cercana de los problemas con los que se enfrenta actualmente la humanidad, así como sus causas y las posibles decisiones o soluciones a tomar.
- Ser capaz de evaluar determinados desarrollos científicos y tecnológicos, en particular, los riesgos y el impacto social y ambiental.
- Ser capaz de valorar, hacer juicios éticos alrededor del desarrollo de los problemas del mundo, prestando atención a lo que contribuyen los mismos a satisfacer la necesidad humana.
- Comprender el papel fundamental de la investigación científica y del control social para que no se apliquen apresuradamente tecnologías que no estén lo suficientemente contrastadas.

En resumen, el objetivo de este enfoque es la alfabetización científica, es decir, dotar a población de conocimientos y destrezas necesarios para fomentar el pensamiento crítico para poder participar activamente en la toma de decisiones responsables y consecuentes en temas ligados a la sociedad en la que viven.

Dentro del enfoque CTSA se ha mostrado especial atención a las controversias socio-científicas (CSC) como modelo de enseñanza aprendizaje para llevar el debate sociocientífico al aula de ciencias. En el marco de la Genética, las controversias surgen cuando existen diferentes opiniones sobre temas de bioética, organismos genéticamente modificados, terapia génica, cribado prenatal, clonación, etc., generalmente puestas de manifiesto por los medios de comunicación, los ciudadanos y la comunidad científica. Por ello, las propuestas educativas más actuales consisten en introducir problemas sociocientíficos en las clases de ciencias como herramienta didáctica para la formación (Sadler & Zeidler, 2009). A la hora de trabajar controversia en el aula es importante saber que un tema es controversia socio-científica cuando se basa en nociones científicas (Solbes & Torres, 2012) pero que además se relaciona con otros ámbitos: sociales, éticos, políticos y ambientales (Jiménez-Alexandre, 2010). Además debe ser un tema con diferentes opiniones o desacuerdos y presentar incertidumbre en la resolución como resultado de la compleja relación que existe entre la ciencia y sociedad.

4.4.6 *Uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICS)*

Las TICS tienen una gran importancia en el ámbito educativo del siglo XXI, ya que son utilizadas como herramientas para desarrollar estrategias metodológicas que

proporcionan un perfecto entorno de enseñanza y aprendizaje para el alumnado y profesorado facilitando la adquisición de conocimientos y la comunicación y además generando interés y motivación en el alumnado (Domingo & Fuentes, 2010; Domingo & Marquès, 2011; Hernandez, 2017).

La inclusión de las TICS es clave en el marco de la Educación Científica, no sólo por su capacidad facilitadora del estudio sino por su contribución al desarrollo de competencias y habilidades para la alfabetización digital que son muy demandadas en el mercado laboral y en la actual sociedad de la información (Travieso & Planella Ribera, 2008). Sin embargo, el uso de las TICS tiene implicaciones más allá de las competencias, y es que permiten mostrar los contenidos académicos en formato visual. Las imágenes, animaciones y videos son de gran importancia en el proceso de enseñanza aprendizaje de ideas y conceptos científicos en Genética ya que facilitan la memorización y la motivación (Diez & Caballero, 2005).

El empleo de las TICS en el proceso de enseñanza aprendizaje ofrece además ventajas a la hora de interactuar con la información de las partes que intervienen en el mismo. Entre estas ventajas se encuentran (Soto, 2011):

- Ruptura entre espacio-tiempo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, así el alumnado tiene acceso a la información y a la realización de tareas propuestas desde cualquier lugar en el que se encuentren.
- Los procesos formativos pueden ser abiertos y flexibles, proporcionando información desde cualquier lugar y hacia cualquier lugar de interés, acotando y proporcionando diversidad en la formación.
- Mejora la comunicación entre los diferentes agentes del proceso de enseñanza-aprendizaje, llevando la interacción entre el profesorado y el alumnado más allá del horario de los centros educativos, pudiéndose dar, instrucciones desde cualquier lugar y en el momento que se requiera.
- Se logra una enseñanza más personalizada, ya que, ofrece al alumnado diferentes formas de elección del cuándo, dónde y cómo estudiar o realizar actividades.
- Acceso rápido a la información.
- Eleva el interés y la motivación del alumnado al ser una herramienta de innovación, trabaja más y a su vez el aprendizaje se hace significativo.
- Mejora la eficacia educativa, proporciona la facilidad de realizar y desarrollar metodologías que servirán para fortalecer la enseñanza efectiva y formativa en las aulas.

- Permite que el profesorado disponga de una herramienta que le da la oportunidad de estimular al alumnado y a su vez actualizarse y mejorar sus competencias docentes.
- Permite la posibilidad de aportar actividades complementarias a las realizadas en el aula, que son de gran utilidad para enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En definitiva, las TICS ofrecen una amplia gama de posibilidades en modalidades docentes en las que los contenidos, las características del alumnado y/o la docencia presencial son un aspecto limitante.

En cuanto a los contenidos de ciencias como la Biología, el disponer de un software adecuado es uno de los puntos clave para promover el uso de las TICS dentro del aula, en el ámbito de los procesos científicos (López & Morcillo, 2007). Las TICS también tienen un papel relevante en el desarrollo de estrategias docentes e innovadoras a la hora de afrontar los temas de Genética (Arango, 2013). Su utilización es necesaria en la etapa de Secundaria, según Pontes (2005), para apoyar las explicaciones que se dan en clase, para la búsqueda de información necesaria para realización de trabajos de investigación por parte del alumnado, desarrollar tareas de aprendizaje a través de simulaciones, experiencias en laboratorios virtuales y cuestionarios de autoevaluación y otras actividades interactivas como simulaciones online, juegos, etc..

Hay multitud de recursos disponibles online sobre Genética, la mayoría de ellos en inglés. A continuación se detallan algunos recursos interesantes para la enseñanza de Genética al alumnado de Secundaria relacionados con la propuesta didáctica de este trabajo.

Recursos para apoyar las explicaciones del profesorado

Videos sencillos y muy ilustrativo para apoyar las explicaciones del profesorado, por ejemplo, sobre la estructura del ADN del portal *conéctate* impulsado por el Gobierno de Argentina “Educar portal Educación de argentina”. La Facultad de Medicina de la Universidad de Utah ofrece en su página *Genetics Science Learning Center* multitud de videos sobre ADN, genes, procesos de transcripción y traducción génica, proteínas, mutaciones, etc.

Recursos que fomentan la enseñanza asistida por ordenador

La Facultad de Medicina de la Universidad de Utah ofrece en su página *Genetics Science Learning Center* multitud de recursos interactivos. Entre ellos, la construcción de una molécula de ADN, distinguir entre experimentos de clonación. El proyecto *Biosfera* desarrollado por el Ministerio de Educación ofrece recursos interactivos para esta unidad didáctica. El blog *TIC y REA* presenta diferentes actividades de Genética que permiten al alumnado realizar repaso en detalle de lo aprendido en el aula.

Recursos para experiencias de laboratorio virtual

La combinación entre el aprendizaje teórico y el práctico es de gran importancia para el aprendizaje de Genética pero por falta de los recursos necesarios no siempre se puede llevar a cabo prácticas en el laboratorio cuando se está impartiendo la parte teórica. La página de Genetics Science Learning Center ofrece experiencias en laboratorio virtual como extraer ADN, realizar la técnica de PCR y hacer una electroforesis en gel con los productos de la PCR, clonar un ratón virtual, etc. La página de Xplore Health, un programa de innovación educativa también ofrece laboratorios interactivos para acercar al aula la investigación biomédica actual y la reflexión en torno a las implicaciones bioéticas. Entre sus experimentos virtuales destacan los relacionados con dar soluciones a enfermedades mediante técnicas novedosas de biotecnología donde hacen al alumnado partícipe.

Uso de plataformas virtuales para la enseñanza a distancia

En la situación actual de la pandemia COVID-19, los centros educativos han apostado muy fuerte por la inclusión de las TICS debido a la ausencia de docencia presencial por el cierre temporal de los colegios para contener la propagación del virus. Las TICS han permitido desarrollar los contenidos como parte de un proceso de enseñanza aprendizaje innovador. El uso de plataformas virtuales como *Google Classroom*, *Moodle* y la versión educativa de *Microsoft Teams* han supuesto una nueva forma de comunicación entre el profesorado y el alumnado, llevando la interacción aun aula virtual e incrementando las habilidades tecnológicas para el profesorado y el alumnado. Estas plataformas integran conversaciones, videollamadas, contenido, tareas y aplicaciones permitiendo al profesorado crear un entorno de aprendizaje accesible desde ordenador, móvil o tabletas. Dichas herramientas llevan asociada una formación en TIC por el mero hecho de usar la aplicación. Como puntos fuertes encontramos los siguientes:

- Es gratuita
- Flexibilidad
- Facilidad de acceso
- Facilita la formación a distancia
- Fomenta el trabajo colaborativo
- Formación en TIC para el alumnado
- Formación en TIC para el profesorado
- Adecuación de contenidos
- Actualización constante

- Interacción profesorado-alumnado
- Fomenta la autonomía del alumnado

4.4.7 Gamificación para enseñar Genética

La gamificación es otra estrategia innovadora para enseñar Biología y Geología. Se basa en utilizar un contexto de juego con fines pedagógicos, es decir, un sistema de reglas que definen un conflicto artificial que motiva al alumnado a participar en su propio aprendizaje como jugador y esa participación se traduce a un resultado cuantificable (Deterding, Dixon, Khaled, & Nacke, 2011). Para realizar gamificación en el aula debe haber un desafío en un contexto determinado y debe basarse en una estrategia donde se combine motivación extrínseca, con premio o recompensa a los ganadores, y motivación intrínseca donde el aprendizaje es la propia motivación (Van Roy & Zaman, 2017).

Los juegos de escape o *escape rooms* son experiencias novedosas de juegos inmersivos en los que los jugadores descubren pistas, resuelven acertijos, puzles y tareas en una o varias estancias con la finalidad de alcanzar un objetivo final en un tiempo limitado (Nicholson, 2016, 2018). En un ejemplo de *escape room*, basado en temas de Genética y creado por Brady & Andersen (2019), el alumnado colabora para resolver acertijos genéticos y finalmente desbloquear el "Premio Nobel". Cada rompecabezas del juego cubre un concepto central que se enseña durante el curso y que posteriormente se traslada al examen final. En su trabajo, los autores describen el flujo de trabajo del juego, evalúan las respuestas del alumnado y ofrecen sugerencias para diseñar futuras actividades de revisión de *escape room*.

En esta propuesta didáctica se ha elaborado un *escape room* utilizando la plataforma *Genially*. Dicha herramienta *online* tiene muchas ventajas para el profesorado ya que permite crear material educativo (presentaciones, imágenes interactivas, pósters, infografías, juegos...) con contenidos interactivos y añadiendo música y vídeos. El material creado se puede compartir y distribuir fácilmente al alumnado a través de la URL.

4.5 Aprendizaje cooperativo en el aula de Educación Secundaria

El método tradicional de enseñanza donde el profesorado tiene el papel principal en la clase y expone los contenidos que se encuentran en un libro de texto da lugar a un aprendizaje lento e inapetente para el alumnado. Además conlleva a una gran desmotivación del alumnado y malos resultados, sobre todo el alumnado disruptivo o con problemas de atención.

El alumnado debe tener un papel activo y participativo en el proceso de aprendizaje y esto es posible cuando el alumnado trabaja en un grupo cooperativo. De esta manera el alumnado trabaja de forma coordinada, interaccionando con los demás para

resolver una tarea académica por lo que el éxito de cada estudiante va unido al éxito de los demás. De esta manera profundizan en su propio aprendizaje debido a las ideas y habilidades que aportan el resto de componentes. Además se fomenta las habilidades de trabajar en equipo, cualidad demandada en el contexto laboral. Por ello, una de las estrategias metodológicas que se va a usar en esta propuesta didáctica es el aprendizaje cooperativo.

4.5.1 Definición y características a tener en cuenta en el uso del aprendizaje cooperativo en Educación Secundaria

El aprendizaje cooperativo engloba una gran cantidad de corrientes académicas que consideran aspectos que influyen en el aprendizaje como el contexto personal, familiar y social (Rogers, Vygotsky, Johnson y Johnson...), el desarrollo de la capacidad cognitiva del alumnado (Piaget, Gardner...) y la necesidad de la comprensión de los contenidos en los procesos de enseñanza (Ausubel). Esto hace que se convierta en una de las metodologías más completas e interesantes desde el punto de vista pedagógico (Tamargo, 2014).

Se puede definir el aprendizaje cooperativo como el uso didáctico de pequeños grupos de estudiantes para lograr un mismo objetivo de manera que al trabajar juntos consigan mejorar su propio aprendizaje y rendimiento académico y el de los demás estudiantes del grupo. Para poner en funcionamiento correctamente este tipo de enseñanza, se han de tener claros cinco aspectos fundamentales:

- Se deben establecer grupos base heterogéneos y estables mantenidos durante cierto tiempo, como puede ser un trimestre, para propiciar un ambiente de trabajo conocido que haga posible el reparto de tareas de forma sencilla (Collazos & Mendoza, 2006). Los grupos además son de tres o cuatro estudiantes aproximadamente con el fin de asegurar la asignación de roles, la diversidad y la participación de todos. Si son grupos muy numerosos parte del alumnado puede que no participe o se sienta cohibido a la hora de dar su opinión.
- El procesamiento de la información es de gran importancia para una correcta sesión cooperativa. Este proceso se da cuando las actividades propuestas invitan a la corrección mutua de tareas, explicación simultánea de contenidos, puesta en común de apuntes y respuestas entre el alumnado, debates sobre contenidos y exposición oral (Johnson & Johnson, 1999).
- Evaluación grupal que se refiere a la autoevaluación del grupo sobre su propio trabajo centrándose en lo que hacen bien o mal de manera

individual y de manera grupal para que reflexionen sobre cómo han realizado el trabajo y se enfoquen en sus propios objetivos de mejora.

- Interdependencia positiva. Cada miembro del grupo tiene dos responsabilidades: por un lado desarrollar la tarea que le ha asignado el docente y por otro asegurarse de que el resto de miembros también lo hagan.
- Interacción directa y clara. El profesorado debe asegurar la comunicación entre el alumnado para que este pueda intercambiar información, preguntarse y compartir recursos.

El papel del docente en el aula pasa de ser el que expone y posee los conocimientos a ser el que guía y dirige el aprendizaje. Un buen docente no será el que más conocimientos tenga sino el que mejor conduzca a sus alumnado hacia un pensamiento crítico y creativo (Johnson & Johnson, 1998). El profesorado debe de disponer de las competencias y conocimientos específicos para poder llevar a cabo el aprendizaje cooperativo y para que el alumnado logre alcanzar los objetivos previstos. Según Johnson & Johnson (1994), las funciones del profesorado deben ser:

- Ser el encargado de formar los grupos.
- Debe fomentar la inclusión de todo el alumnado y formar grupos heterogéneos donde haya diversidad de capacidades e intereses.
- Deberá también organizar el espacio y el tiempo. Es importante que haya una buena interacción entre los estudiantes y esto se consigue con una buena disposición de los grupos realizando agrupaciones circulares de los pupitres.
- El profesorado se encargará de asignar los roles en los juegos de rol. Los roles deberán ir rotando para que todos el alumnado pase por todos.

4.5.2 Modelos de aprendizaje cooperativo utilizados en esta propuesta didáctica

En este apartado se definen las diferentes técnicas que se han utilizado en esta propuesta didáctica.

- Técnica puzle (Martínez & Gómez, 2010). Cada miembro del grupo base de estudiantes se asigna a un grupo de expertos que llevará a cabo el aprendizaje o desarrollo de una parte de una tarea. Previamente la unidad o la tarea es dividida por el profesorado en tantas partes como estudiantes haya en el grupo base y posteriormente cada estudiante del grupo base es asignado a un grupo de expertos en cada parte. El alumnado del grupo de expertos debe trabajar a fondo para asegurarse que son expertos en su parte o tarea. En último lugar, el alumnado vuelve a su grupo

base y explican a los miembros de su grupo la parte en la que es experto. El profesorado en todo momento apoya las exposiciones del alumnado.

- Cabezas numeradas (Díaz-Aguado, 2018). Esta técnica permite comprobar que todo el alumnado del grupo ha asimilado la información. Cada estudiante del grupo base se enumera del 1 al 4 y el docente formula una pregunta del tema que se está estudiando. Cada grupo se junta para dar respuesta. Posteriormente el docente selecciona un número del 1 al 4 y el estudiante que tiene dicho número explica la respuesta.

- El plenario (Kagan, 2009). Técnica de puesta en común en la que un representante del alumnado de cada grupo es seleccionado al azar y expone ante toda la clase los resultados del trabajo en equipo. El alumnado de los demás grupos hace preguntas y comentarios al grupo que expone. Según el tiempo del que se disponga, pueden exponer todos los grupos o solo los seleccionados al azar. Al inicio de esta técnica hay que resaltar los aspectos que se van a tener en cuenta en la autoevaluación y valoración grupal.

- La galería (Kagan, 2009). Esta técnica consiste en colocar por la clase los pósteres del alumnado e invitar a toda la clase a visitar el póster favoreciendo el intercambio de conocimientos entre todos.

- 1-2-4 (Kagan, 2009). En esta técnica cada estudiante del grupo base individualmente piensa en primer lugar la respuesta a la pregunta o tarea planteada por el docente. Después se ponen de dos en dos para comparar sus respuestas y mejorarlas. Finalmente todo el grupo decide cual es la respuesta más adecuada.



BLOQUE II: PROPUESTA DIDÁCTICA

5. PROPUESTA DIDÁCTICA

5.1 Introducción

Es destacable la contribución de la materia de Biología y Geología, unida a las demás materias en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, en la adquisición de los conocimientos y competencias que permiten al alumnado alcanzar las destrezas, actitudes y valores para seguir en su formación y formar parte de una sociedad activa y crítica en la toma de decisiones que puedan influir en su desarrollo.

La materia de Biología y Geología hace que el alumnado se conciencie de lo importante que es la ciencia en la sociedad, en el ámbito de la salud, la alimentación y el medio ambiente. El objetivo de dicha materia es profundizar en el método científico que ya comenzó en la etapa anterior a la ESO y acercar la ciencia al alumnado para despertar el interés por el aprendizaje de la ciencia, admirar los hechos naturales, comprender la realidad cotidiana, los avances tecnológicos científicos, conservar el medio ambiente y mejorar su calidad de vida.

Dicha materia forma parte del bloque de asignaturas troncales obligatorias en primero y tercero de la ESO, sin embargo forma parte del bloque de asignaturas troncales opcionales en el cuarto curso que es donde se encuadra la presente programación didáctica. Dado a su carácter opcional en este último curso de la ESO, el alumnado ya tiene cierto interés por su aprendizaje y por lo tanto la contribución de dicha materia al alumnado se basa en la integración de unos conocimientos y destrezas que le permitan desarrollar una cultura científica, centrándose así en el estudio de las teorías responsables del actual desarrollo de las ciencias de la vida y de la Tierra, como son la teoría celular y la teoría de la evolución, la teoría de la tectónica de placas y el estudio de los ecosistemas.

5.2 Legislación

La programación didáctica que se presenta es un instrumento específico de planificación, desarrollo y evaluación de la materia Biología y Geología para 4º de la ESO, adaptado a lo establecido en la siguiente normativa vigente nacional y autonómica.

A nivel estatal:

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE), modificada por la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE). (BOE 10-12-2013).
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. (BOE 10-12-2013).

- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. (BOE 03-01-2015).
- 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. (BOE 29-01-2015).

A nivel autonómico:

- Decreto 327/2010, de 13 de julio, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico de los Institutos de Educación Secundaria. (BOJA 16-07-2010).
- Decreto 111/2016 de 14 de junio por el que se establece la ordenación y las enseñanzas de la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía. (BOJA 28-06-2016).
- Orden 14 de julio de 2016 por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía, se regula la atención a diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. (BOJA 28-07-2016).
- Orden de 25 de julio de 2008, por la que se regula la atención a la diversidad del alumnado que cursa la educación básica en los centros de Andalucía. (BOJA núm. 167, de 22/08/2008).

5.3 Justificación

La presente Unidad Didáctica, titulada “Información e Ingeniería genética” está dirigida al alumnado de 4ºESO. Perteneció a la materia “Biología y Geología” y está relacionada con los contenidos del Bloque 1 “La evolución de la vida” y Bloque 4 “Proyecto de investigación”, según el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre y según la Orden de 14 de julio de 2016.

Esta materia se enmarca en el segundo ciclo o cuarto curso de la Educación Secundaria Obligatoria dentro del bloque de asignaturas troncales opcionales para el alumnado.

Se ha seleccionado esta unidad dentro del marco de la Genética, debido a la problemática que presenta el alumnado y profesorado en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Genética, donde la dificultad en la adquisición de conceptos abstractos y la cantidad de ideas previas no correctas que presenta el alumnado son elementos clave a tener en cuenta por el profesorado (Caballero, 2008; Duncan, Rogat, & Yarden, 2009; Íñiguez & Puigcerver, 2001; Smith, 1988). A pesar de dicha complejidad, la Genética puede ser uno de los temas que más motive al alumnado dado a que se le puede encontrar una aplicación directa (Íñiguez & Puigcerver, 2013) y

esto también ha motivado la selección de este tema. En concreto, el desarrollo de esta Unidad Didáctica es de gran importancia para que el alumnado conozca los avances desarrollados hasta el momento en cuanto a manipulación, creación, modificación genética y transferencia genética de un organismo a otro u entre sí que garantizan la creación de nuevos progresos científicos.

También se ha sumado mi experiencia personal en dicha materia durante mi formación académica. Durante el estudio de numerosas asignaturas relacionadas con la Genética en la Licenciatura de Biología y posteriormente en el Máster de Biotecnología y Biomedicina he ido interiorizando conceptos por memorización. Con el inicio de trabajos en el laboratorio, durante el Máster y posteriormente durante mi Tesis Doctoral, fue cuando verdaderamente llegué a comprender de forma global la Genética y clarificar muchos conceptos. Por ello, lo innovador de una propuesta didáctica tiene que ir más allá de preparar contenidos digitales. Los contenidos se deben trabajar a partir de audiovisuales, noticias actuales, laboratorios virtuales y otras metodologías activas que favorecen la asociación entre teoría y trabajo activo y práctico tan necesaria en Ciencias.

Dado que las prácticas docentes del presente Máster de Profesorado se han llevado a cabo a distancia, debido al cierre temporal de centros educativos por la situación actual generada por la pandemia COVID-19, se ha considerado el trabajar con una propuesta didáctica que intente albergar metodologías que sean posibles de utilizar tanto en clases adaptadas a docencia no presencial como en clases presenciales. Dichas metodologías están basadas en las posibilidades que ofrecen actualmente las TICS en materia de Educación a Distancia de contenidos relacionados con la Genética.

Por lo tanto se plantea realizar una propuesta didáctica considerando el método constructivista y el aprendizaje cooperativo para abordar los contenidos relacionados con la Información e Ingeniería genética presentes en el Anexo I del Real Decreto 1105/2014 para la materia de Biología y Geología 4º ESO (Bloque 1 y Bloque 4) y también presentes en el Anexo I de la Orden de 14 de julio de 2016.

5.4 Contextualización

5.4.1 Descripción del centro escolar

Esta Unidad Didáctica (UDI) será desarrollada en el Colegio “Santa María de la Capilla” localizado en la provincia de Jaén. Se trata de un Centro concertado, sostenido por fondos públicos, que pertenece a la congregación de Hermanos Maristas, una congregación religiosa católica fundada por Marcelino Champagnat, en el que se imparte Educación Infantil, Primaria, Secundaria y Bachillerato. Se considera un Centro bien reconocido por el buen rendimiento académico del alumnado. En este centro es donde realicé las prácticas externas del Máster de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.

minutos, se inician a las 8:00 h y finalizan a las 14:30 h. El recreo es de 30 minutos, el cual comienza a las 11:00 h y acaba a las 11:30 h.

En cuanto al perfil del alumnado del centro en general, pertenece a familias de clase económica media-alta, con una media de 1,7 hijos por matrimonio. Los padres tienen una edad de entre los cuarenta y cincuenta años y poseen estudios de Bachillerato y universitarios. Hay un menor porcentaje de familias donde alguno de los dos padres son amas de casa pero en la mayor parte de los casos ambos cónyuges trabajan y las profesiones más frecuentes son profesiones liberales o medianos propietarios, funcionarios e industriales.

5.4.2 Perfil del grupo-clase

La clase en la que se va a impartir esta UDI, que es 4º de ESO grupo A, formada por 15 estudiantes de entre 15 y 16 años, excepto un chico de 17 años que es repetidor de cursos anteriores. La mayoría del alumnado es de Jaén excepto 3 estudiantes que son de pueblos cercanos y se desplazan a diario pero todos han estudiado en este centro los años anteriores. Todos son españoles menos un chico peruano cuyos padres se encuentran en Jaén desde hace 2 años por motivos de trabajo y una chica mejicana que también lleva en Jaén un año.

En este grupo hay un alumno diagnosticado con altas capacidades y otras dos alumnas que sobresalen con respecto a los demás pero no están diagnosticadas de altas capacidades. No hay alumnado con ningún tipo de discapacidad física o psíquica y el clima de trabajo es bueno al ser una asignatura troncal de opción elegida por el alumnado. La mayor parte de ellos tienen interés en la asignatura aunque algunas veces hay una parte de la clase que, aunque no sigue las explicaciones ni participa, no interrumpe la clase. La mayoría tiene perspectivas de continuar estudiando bachillerato excepto 5 estudiantes que quieren realizar algún ciclo formativo relacionado con la rama de las ciencias. En cuanto a la relación estudiante-estudiante y estudiante docente es también buena y de respeto.

5.5 Competencias clave

En esta propuesta didáctica se han diseñado actividades con las que se pretenderá contribuir al desarrollo de las competencias clave definidas en el Anexo I de la Orden ECD/65/2015 y que se muestran a continuación:

- a) Comunicación lingüística (CL): esta competencia se potenciará desde esta unidad mediante la realización de actividades que impliquen la búsqueda y procesamiento de información para su posterior exposición, utilizando vocabulario adecuado (estructuras lingüísticas, ortografía y gramática), tanto de forma escrita como de forma verbal de forma coherente. Se trabajará fundamentalmente con las exposiciones que desarrolla el alumnado durante

las actividades de puesta en común en clase (sesiones de la 1 a la 8). Previamente a estas puestas en común también hay una transmisión de información entre los miembros del grupo para resolver las preguntas planteadas y para ponerse de acuerdo en conjunto. Además durante las explicaciones del docente, el alumnado también participará explicando, leyendo y respondiendo a las preguntas que se les planteen. También trabajará esta competencia, en su modalidad escrita, con la entrega de los distintos informes y con la realización de la prueba escrita final en la última sesión.

- b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT): en cuanto a la competencia matemática, se trabajará mediante los cálculos básicos que el alumnado tiene que hacer para calcular las cantidades necesarias en la preparación de reactivos que utilizarán en la sesión de la práctica de extracción de ADN (sesión 3). También para los cálculos de porcentaje de las bases nitrogenadas cuando se trate el contenido de los ácidos nucleicos. Además se trabajará con frecuencia a la hora de interpretar gráficos que aparezcan a lo largo de la UDI.

En cuanto a la competencia en ciencia y tecnología se trabajará frecuentemente en esta UDI debido a sus contenidos como son el manejo de conocimientos sobre los avances en biotecnología e Ingeniería genética para la solución de problemas que ocurren a nuestro alrededor.

- c) Competencia digital (CD): esta competencia implica el uso de las TICS de manera crítica y segura. Esta competencia está incluida en esta UDI mediante la realización de actividades experimentales y de investigación que implican búsqueda de información usando los recursos tecnológicos disponibles donde el alumnado tendrá que hacer un uso responsable y diferenciar fuentes de información fiables, procesar información que encuentren y elaborar los documentos para presentar la información (informes, textos, esquemas, presentaciones, etc.). También se trabajará mediante la visualización de vídeo y animaciones y mediante el uso de plataformas virtuales. Además también se trabajará mediante el uso de formas numéricas, simbólicas o gráficas de comunicación.
- d) Competencia de aprender a aprender (CAA): esta competencia se trabaja en la mayor parte de las sesiones de esta UDI ya que el alumnado de alguna forma tiene que reflexionar y tomar conciencia del proceso de aprendizaje mediante la realización de actividades escritas y verbales, especialmente en las sesiones donde se lleva alguna actividad de evaluación como en las sesiones 4 ,5 ,9 y 10. Se trabaja también mediante el uso de las diferentes técnicas de trabajo cooperativo en las cuales, aunque la mayor parte de estos trabajos son en

grupo, cada estudiante de forma individual tiene su propia aportación que defenderá a la hora de compartirlo con el grupo.

- e) Competencia social y cívica (CSC): mediante esta UDI se trabaja dicha competencia mediante el enfoque CTSA a los contenidos. Se pretende que el alumnado vea la importancia de la relación ciencia, tecnología y sociedad y que adquieran un valor crítico ante el uso de los avances en biotecnología y manipulación genética en relación con los seres vivos y el entorno, es decir, desde los ámbitos de la medicina, medioambiente, agricultura y ganadería (sesión 7 y 8). Además también se trabaja en las actividades expositivas (actividades de puesta en común y de debate) donde se intentará adquirir valores de respeto, diversidad de opiniones e ideas, tolerancia y empatía. También destacando el trabajo de grandes científicos y científicas (sesión 1).
- f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (CIE), en busca de soluciones ante distintos problemas actuales, y de buscar la creatividad en sus creaciones (presentaciones, informes, etc.).
- g) Conciencia y expresiones culturales (CCC): van a tener ocasión de trabajar esta competencia al conocer el tratamiento de temas como el de los avances en biotecnología y manipulación genética en otros países, compararlo con su propio país y valorar qué aspectos de otros países podríamos adquirir o aspectos del nuestro que puedan adquirir los demás. Además esta competencia se trabajará mediante la elaboración de trabajos con sentido estético.

5.6 Objetivos

5.6.1 *Objetivos generales de etapa*

Conforme a lo dispuesto en el artículo 11 del Real Decreto 1105/2014, los objetivos generales de etapa (OGE) para Educación Secundaria Obligatoria a los que se contribuirá a partir de esta propuesta didáctica serán los siguientes:

- a)** Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos y la igualdad de trato y de oportunidades entre mujeres y hombres, como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.
- b)** Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.
- c)** Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar la discriminación de las personas por razón de sexo o por cualquier otra condición o circunstancia personal o social. Rechazar los estereotipos

que supongan discriminación entre hombres y mujeres, así como cualquier manifestación de violencia contra la mujer.

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

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

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

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

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

5.6.2 Objetivos generales de área

A continuación, se citan los objetivos generales de área (a partir de ahora OGA) de la Biología y Geología para Educación Secundaria Obligatoria dispuestos en el Anexo I de la Orden de 14 de julio de 2016, a los que se pretende contribuir a través de esta propuesta didáctica:

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

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

3. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones

matemáticas elementales, así como comunicar a otras personas argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.

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

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

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

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

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

5.6.3 Objetivos Didácticos de la Unidad

La presente UDI tiene como meta que el alumnado alcance los siguientes objetivos didácticos:

OD1. Reconocer los hechos históricos más importantes del descubrimiento del ADN.

OD2. Comparar los dos tipos de ácidos nucleicos ADN y ARN, en estructura y función.

OD3. Diseñar y aplicar un proceso de extracción de ADN

OD4. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.

OD5. Entender correctamente los conceptos de gen, genoma y proteína.

OD6. Comprender cómo se expresa la información genética utilizando el código genético. Diferenciar los procesos de transcripción y traducción.

OD7. Conocer qué es una mutación, sus tipos y las consecuencias en la evolución.

OD8. Comprender las técnicas de obtención de ARN recombinante y reacción en cadena de la polimerasa. Valorar las posibilidades que ofrecen dichas técnicas.

OD9. Conocer algunos avances destacados de la biotecnología en medicina, medio ambiente, agricultura y ganadería. Valorar sus implicaciones a nivel ético, social y medioambiental.

OD10. Conocer el concepto de clonación reproductiva y clonación terapéutica.

OD11. Conocer los objetivos y resultados del Proyecto Genoma Humano.

OD12. Ser capaz de localizar, seleccionar, organizar y exponer información (oralmente o por escrito).

OD13. Participar de forma activa en actividades y trabajos grupales.

A continuación se relacionan en la tabla 2 los objetivos específicos de la UDI desarrollada, los objetivos generales de etapa que en este caso son los de ESO, los objetivos generales del área de Biología y Geología, y las competencias clave:

Tabla 2. Relación entre objetivos didácticos específicos de la unidad (OD), generales de etapa (O.G.E.), generales de área (O.G.A.) y competencias clave (C.C.)

OBJETIVOS DIDÁCTICOS DE LA UNIDAD (OD)	O.G.E.	O.G.A.	C.C.
OD1. Reconocer los hechos históricos más importantes del descubrimiento del ADN.	a,b,e,f,h	1,3,4,5,9	CCL CMCT CAA CSC CEC
OD2. Comparar los dos tipos de ácidos nucleicos ADN y ARN, así como su función.	b,f,h	1,3	CCL CMCT CAA
OD3. Diseñar y aplicar un proceso de extracción de ADN.	b,e,f,h	1,2,3,4,6	CMCT CAA
OD4. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.	b,f,h	1,3	CMCT CAA

OD5. Entender correctamente los conceptos de gen, genoma y proteína.	b,e,f,h	1,3,4,5,9	CMCT CAA
OD6. Comprender cómo se expresa la información genética utilizando el código genético. Diferenciar los procesos de transcripción y traducción del ADN.	b,f,h	1,3	CMCT CAA
OD7. Conocer qué es una mutación, sus tipos y las consecuencias en la evolución.	b,e,f,h	1,3,4	CCL CMCT CAA
OD8. Comprender las técnicas de obtención de ADN recombinante y reacción en cadena de la polimerasa. Valorar las posibilidades que ofrecen dichas técnicas.	a,b,e,g,f,h,k	1,3,4,5,6,8	CMCT
OD9. Conocer algunos avances destacados de la biotecnología en medicina, medio ambiente, agricultura y ganadería. Valorar sus implicaciones a nivel ético, social y medioambiental.	a,b,e,f,g,h,k	1,3,4,5,6,8	CMCT CSC SIEP
OD10. Conocer los objetivos y resultados del Proyecto Genoma Humano.	b,e,f,h	1,3,4,6	CMCT CSC SIEP
OD11. Conocer el concepto de clonación reproductiva y clonación terapéutica.	a,b,e,f,g,h,k	1,3,4,6,8	CCL CMCT
OD12. Ser capaz de localizar, seleccionar, organizar y exponer información (oralmente o por escrito).	e, h	3, 4	CL CMCT CD CAA

OD13. Participar de forma activa en actividades y trabajos grupales.	a, b, g	2, 5, 8	CMCT
			CAA
			CSC
			SIEP

5.7 Contenidos

Los contenidos que se han establecido en esta Unidad Didáctica están recogidos en el Anexo I del Real Decreto 1105/2014 y en el Anexo I de la Orden de 14 de julio de 2016. Concretamente en el Bloque 1 “La evolución de la vida” y Bloque 4 “Proyecto de investigación” de la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO. A través de estos contenidos el alumnado conseguirá las competencias clave mostradas anteriormente en el apartado 4.5.

A continuación se muestran en la tabla 3 los contenidos del Bloque 1 en azul y los del Bloque 2 en verde. En dicha tabla se relacionan con los objetivos didácticos de la unidad (apartado 4.6.3), con las competencias (apartado 4.5) y con el resto de elementos curriculares que se definirán más adelante como son los criterios de evaluación y sus respectivos estándares de aprendizaje (apartado 4.12.1 de la propuesta didáctica).

Tabla 3. Contenidos, objetivos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias y temporalización que se pretende alcanzar con esta Unidad Didáctica. En azul y en verde los correspondientes al Bloque 1 y Bloque 4 del RD 1105/2014, respectivamente.

CONTENIDOS	OBJETIVOS DIDÁCTICOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE	COMPETENCIAS CLAVE	TEMPORALIZACIÓN
1.Los ácidos nucleicos	OD1. Reconocer los hechos históricos más importantes del descubrimiento del ADN.	20. Reconocer los hechos históricos más importantes en el desarrollo de la Genética.	20.1 Conoce y explica el desarrollo histórico de los estudios llevados a cabo dentro del campo de la Genética.	CCL CMCT CAA CSC CEC	Sesión 1
	OD2. Comparar los dos tipos de ácidos nucleicos ADN y ARN, así como su función.	5. Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función.	5.1. Distingue los distintos ácidos nucleicos y enumera sus componentes.	CCL CMCT CAA	Sesión 2
	OD3. Diseñar y aplicar un proceso de extracción de ADN.	1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias de trabajo científico.	1.1. Integra y aplica las destrezas propias de los métodos de la ciencia.	CMCT CAA	Sesión 3
2.La replicación del ADN	OD4.Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.	6. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.	6.1. Reconoce la función del ADN como portador de la información genética, relacionándolo con el concepto de gen.	CMCT CAA	Sesión 4
3.Concepto de gen	OD5. Entender correctamente los conceptos de gen, genoma y proteína.				
4.Expresión de la información genética. El código genético	OD6. Comprender cómo se expresa la información genética utilizando el código genético. Diferenciar el proceso de transcripción y traducción del ADN.	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.	CMCT CAA	Sesión 5

5.Las mutaciones	OD7. Conocer qué es una mutación, sus tipos y las consecuencias en la evolución.	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.	CCL CMCT CAA	Sesión 6
6.Biotecnología y técnicas de ingeniería genética	OD8. Comprender las técnicas de obtención de ADN recombinante y reacción en cadena de la polimerasa. Valorar las posibilidades que ofrecen estas técnicas.	12. Identificar las técnicas de la Ingeniería Genética: ADN recombinante y PCR.	12.1. Diferencia técnicas de trabajo en ingeniería genética.	CMCT	Sesión 7
7.Aplicaciones biotecnológicas 8.Reflexiones y conclusiones razonadas y críticas sobre las implicaciones éticas y sociales de los avances en biotecnología 9. El Proyecto Genoma Humano	OD9. Conocer algunos avances destacados de la biotecnología en medicina, medio ambiente, agricultura y ganadería. Valorar sus implicaciones a nivel ético, social y medioambiental. OD10. Conocer los objetivos y resultados del Proyecto Genoma Humano	14. Reconocer las aplicaciones de la Ingeniería Genética: OMG (organismos modificados genéticamente). 15. Valorar las aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en la agricultura, la ganadería, el medio ambiente y la salud.	14.1. Analiza las implicaciones éticas, sociales y medioambientales de la Ingeniería Genética. 15.1. Interpreta críticamente las consecuencias de los avances actuales en el campo de la biotecnología.	CMCT CSC SIEP	Sesión 7,8
10.La clonación	OD11. Conocer el concepto de clonación reproductiva y clonación terapéutica.	13. Comprender el proceso de la clonación.	13.1. Describe las técnicas de clonación animal, distinguiendo clonación terapéutica y reproductiva.	CCL CMCT	Sesión 8
11. Localización, selección, organización y exposición de información de textos e imágenes para completar actividades, trabajos y proyectos de investigación (oralmente y/o por escrito), manifestando la comprensión	OD12. Ser capaz de localizar, seleccionar, organizar y exponer información (oralmente o por escrito).	1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias de trabajo científico (observación, clasificación, deducción, comunicación y predicción).	1.1 Integra y aplica las destrezas propias de los métodos de la ciencia	CMCT CAA	Sesión 3, 6

de los contenidos de la unidad. 12. Localización, selección y organización de información en los medios digitales.		3. Discriminar y decidir sobre las fuentes de información y los métodos empleados para su obtención.	3.1. Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.	CL CMCT CD CAA	Sesión 1, 4, 7, 8
13. Actitudes de autonomía e iniciativa y responsabilidad en la toma de decisiones. 14. Actitudes de participación activa y cooperativa en los trabajos, debates, actividades y proyectos grupales.	OD13. Participar de forma activa en actividades y trabajos grupales.	4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en grupo.	4.1. Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal.	CMCT CAA CSC SIEP	Sesión 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8

*En esta tabla no se incluyen las sesiones 9 y 10 porque están destinadas a repasar los conceptos más importantes y dudas que el alumnado presente con respecto al tema (sesión 9) y por último realizar la prueba escrita (sesión 10), la cual se encuentra desarrollada en el anexo I. La mayor parte de los criterios y estándares de aprendizaje están recogidos en el RD 1105/2014 y por ello se ha conservado la numeración que tienen en la legislación actual. Excepto el criterio 20 y su estándar de aprendizaje 20.1 que es específico de la Unidad Didáctica y se ha numerado con el número 20.

5.8 Distribución temporal

Esta UDI se va a desarrollar en un total de 10 sesiones de las 30 totales del tercer trimestre, ocupando las 3 sesiones establecidas a la semana (lunes, miércoles y jueves) para la asignatura desde principio de curso (tabla 4). Las sesiones ocuparán 3 semanas del mes de mayo, se empezará el lunes día 4 la primera sesión y la última tendrá lugar el lunes día 25. En la siguiente tabla se puede observar el día en que se llevará a cabo cada sesión prevista:

Tabla 4. Horario de clases.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
				1 Festivo D. trabajo	2 Festivo	3 Festivo
4 Sesión 1	5	6 Sesión 2	7 Sesión 3	8	9 Festivo	10 Festivo
11 Sesión 4	12	13 Sesión 5	14 Sesión 6	15	16 Festivo	17 Festivo
18 Sesión 7	19	20 Sesión 8	21 Sesión 9	22	23 Festivo	24 Festivo
25 Sesión 10	26	27	28	29	30 Festivo	31 Festivo

5.8.1 Descripción y secuenciación de actividades

En esta UDI se proponen tres tipos de actividades para integrar los contenidos y alcanzar los objetivos desarrollando en la unidad:

- Actividades de iniciación y motivadoras que se basan en la detección de las ideas previas del alumnado y en la creación de un contexto que despierte el interés del alumnado con el propósito de que el alumnado conozca la unidad en la que va a trabajar en la sesión 1, 2 y 3 (tablas 5, 6 y 7).
- Actividades de desarrollo donde se trabajan todo tipo de contenidos, se identifican los errores que más se repiten y son muy específicas. Actividades incluidas en la sesión 4, 5, 6, 7 y 8 (tablas 8, 9, 10, 11 y 12).
- Actividades de repaso que van a reforzar el aprendizaje utilizando herramientas de gamificación y actividades para saber si se han conseguido los objetivos propuestos en la unidad. Actividades sesiones 9 y 10 (tablas 13 y 14).

A continuación se recogen, en diferentes tablas (de la Tabla 5 a la Tabla 14), los distintos tipos de actividades que se van a realizar en cada sesión que integran cada uno de los contenidos para alcanzar el desarrollo de los objetivos de la UDI. En cada tabla se incluye el protocolo de actuación de la actividad resumido, el objetivo, la duración y las competencias para realizarlas. Seguidamente a cada tabla, se describen de forma detallada las actividades de cada sesión.

Sesión 1. Descubriendo el ADN, la esencia de la biotecnología

Tabla 5. Actividades sesión 1

Sesión 1. Descubriendo el ADN, la esencia de la biotecnología Actividades de iniciación (exploración ideas previas) y motivadoras				
Actividades	Temp.	Objetivos Didácticos	C.C.	Estándares de aprendizaje
1. Cuestionario (Anexo 1.1) para la detección de ideas previas y determinación del nivel de conocimiento.	15 min	OD1 OD12 OD13	CCL CMCT CAA CSYC CEC CL CD CSC SIEP	20.1 3.1 4.1
2. Visualización de imágenes y planteamiento de preguntas (Anexo 1.2) para introducir los contenidos que se van a trabajar en la Unidad Didáctica.	5 min			
3. “Ficha histórica acerca del descubrimiento del ADN y visualización de vídeo” (Anexo 1.3) para conocer los principales hitos en el descubrimiento del ADN. Watson y Crick, Rosalind Franklin. Se trabajará por equipos y responderán a las preguntas de la ficha.	25 min			
4. Puesta en común de las respuestas de la ficha utilizando la técnica del Plenario.	10 min			

Esta primera sesión se ha estructurado en tres actividades:

1. Actividad de detección de ideas y determinación del nivel de conocimiento

El objetivo de esta actividad es conocer las ideas previas del alumnado sobre conceptos de Genética y determinar el nivel inicial de conocimiento. Dichos conceptos le servirán como base para enfrentarse al desarrollo del aprendizaje de esta Unidad Didáctica. El alumnado responderá a un cuestionario online elaborado con la aplicación Microsoft Forms (Anexo 1.1). Dicho cuestionario consta de 10 preguntas que son recogidas y adaptadas de Caballero (2008) y Íñiguez y Puigcerver (2013). La aplicación Forms permitirá al docente cuantificar los resultados de este cuestionario de forma rápida para poder realizar las modificaciones necesarias a lo largo de las siguientes nueve sesiones de esta programación y hacer hincapié en los conceptos en los que los alumnos tienen ideas erróneas. Al terminar la Unidad Didáctica este cuestionario se realizará de nuevo con la finalidad de comprobar si el proceso de enseñanza aprendizaje ha transformado las ideas erróneas del alumnado en nuevas concepciones científicamente correctas. Además el pasar el cuestionario al terminar la unidad también nos servirá para comprobar si han asimilado algunos contenidos.

2. Actividad de visualización y preguntas sobre imágenes llamativas de organismos modificados genéticamente para introducir los contenidos que se van a trabajar en la Unidad Didáctica (Anexo 1.2). Esta actividad tiene como finalidad motivar y crear interés en el alumnado partiendo de aplicaciones actuales de la biotecnología para conseguir objetivos prácticos.

3. Actividad: Historia del descubrimiento del ADN

Esta actividad está destinada por una parte a motivar y atraer el interés del alumnado a través de la historia de la ciencia, como es el caso del descubrimiento del ADN y, por otra parte, trabajar el tema de la importante labor “desconocida” que han tenido las mujeres en la ciencia resaltando el valor de la contribución de Rosalind Franklin a este descubrimiento. Se facilitará al alumnado una ficha (Anexo 1.3) que está recogida y adaptada del libro de texto Biología y Geología 4º ESO Santillana Proyecto La Casa del Saber, en la que se describe los experimentos desarrollados por estos científicos y además de la lectura del texto se llevará a cabo la proyección del vídeo “El efecto MATILDA – Grandes MUJERES en la CIENCIA” de S de Siensia (2019). Posteriormente en grupos, el alumnado deberá responder a una serie de preguntas incluidas en la ficha, entre las cuales se encuentran preguntas para ampliar el contenido histórico y preguntas para recalcar los principales contenidos de la unidad anterior necesarios para afrontar la presente Unidad Didáctica. Por último se hará una puesta en común de las respuestas en los últimos 10 minutos de la clase mediante la técnica el Plenario (descrita en el apartado 3.5.2 del bloque I de fundamentación teórica). La actividad quedará completada con la entrega de la ficha individualmente para su evaluación.

Adaptación a la docencia online: todas las sesiones de esta UDI se llevarían a cabo usando la plataforma virtual de *Teams*. Con esta plataforma se llevarán a cabo las sesiones en el horario de clase los mismos días que se impartirían de forma presencial pero por videollamada. El material que vaya a utilizar el alumnado durante las sesiones: fichas, organizadores y cuestionarios se incorporará a la plataforma previamente al comienzo de la sesión. Los viernes de cada semana se publicará una planificación semanal para que el alumnado pueda consultar los contenidos y materiales de la semana siguiente, horarios de clases y las tareas programadas.

En el caso concreto de esta sesión se llevaría a cabo tal cual está programada, excepto el cuestionario de detección de ideas previas (actividad 1) que se dejaría abierto en la plataforma de *Teams* para que el alumnado acceda, lo complete una vez terminada la sesión y lo envíe antes del comienzo de la sesión 2. De este modo se ganaría tiempo para el desarrollo *online* de las actividades 2, 3 y 4 ya que hay que tener en cuenta que la interacción entre el alumnado mediante la plataforma puede consumir un tiempo mayor. La entrega de la ficha también se hará mediante la plataforma habilitando un espacio que permanecerá abierto para poder adjuntar la actividad antes del comienzo de la sesión 2.

Sesión 2. Los ácidos nucleicos

Tabla 6. Actividades sesión 2

Sesión 2. Los ácidos nucleicos				
Actividades de iniciación y motivadoras				
Actividades	Temp.	Objetivos Didácticos	C.C.	Estándares de aprendizaje
1. Rutina de pensamiento “veo, pienso, me pregunto” a partir de la visualización de imágenes para introducir los contenidos que se van a trabajar en la sesión. Organizador gráfico Anexo 2.1.	10 min	OD2 OD13	CCL CMCT CAA CSC SIEP	5.1 4.1
2. Explicación del concepto de ácido nucleico, composición química del ADN, estructura del ADN, diferencias entre ADN y ARN y tipos de ARN mediante clase magistral.	10 min			
3. Actividad compara y contrasta “¿En qué se parecen y en qué se diferencian el ADN y el ARN?”. Con esta actividad se trabajarán los contenidos aprendidos	20 min			

durante la sesión por grupos.				
4. Puesta en común de la actividad compara y contrasta mediante la técnica del el Plenario.	15 min			

En la presente sesión el alumnado estudiará el concepto de ácido nucleico, composición química del ADN, estructura del ADN, diferencias entre ADN y ARN y tipos de ARN mediante una clase magistral pero partiendo de la visualización de una serie de imágenes y fomentando la participación activa del alumnado mediante la realización de múltiples preguntas sobre el tema. Esta sesión 2 se ha estructurado en tres actividades:

1. Visualización de imágenes para introducir los contenidos de la sesión.

En esta actividad se parte de la visualización de imágenes (Anexo 2.1) para conocer el nivel del alumnado y las ideas previas sobre el ADN y el ARN pero fundamentalmente se pretende que el alumnado participe respondiendo a la pregunta que se plantea mediante la rutina de pensamiento Veo, Pienso, Me pregunto. Esta rutina ayuda al alumnado a pensar y permite que este conecte con el nuevo tema respondiendo razonadamente a qué es lo que ve, qué es lo que piensa y qué es lo que se pregunta. El alumnado anotará las respuestas en una tabla de observaciones (Anexo 2.2) para que pueda volver a las preguntas durante el estudio del tema. Además se pondrán en común algunas respuestas.

2. Explicación de los ácidos nucleicos.

El docente explicará el concepto de ácido nucleico, composición química del ADN, estructura del ADN, diferencias entre ADN y ARN y tipos de ARN mediante clase magistral apoyada en diapositivas digitales.

3. Actividad compara y contrasta “¿En qué se parecen y en qué se diferencian el ADN y el ARN?”.

Con esta actividad se trabajaran los contenidos aprendidos durante la sesión por grupos de cuatro. Mediante esta técnica de destreza de pensamiento, el alumnado reconocerá las similitudes y diferencias entre el ADN y ARN ayudándose de un organizador gráfico (Anexo 2.3) que se facilitará como guía en esta actividad.

4. Puesta en común de la actividad compara y contrasta mediante la técnica el Plenario.

Adaptación a la docencia online: esta sesión se llevaría mediante clase *online* con *Teams* tal cual está programada. Esta plataforma permite que el alumnado trabaje en

salas virtuales por grupos mediante videollamada y que el profesorado vaya entrando a cada una de esas salas para supervisar el trabajo.

Sesión 3. Práctica: diseña el proceso para extraer tu propio ADN

Tabla 7. Actividades sesión 3

Sesión 3. Práctica: diseña el proceso para extraer tu propio ADN				
Actividades de iniciación y motivadoras				
Actividades	Temp.	Objetivos Didácticos	C.C.	Estándares de aprendizaje
1. Explicación del objetivo de la práctica y visualización de un vídeo de una extracción de ADN real en un laboratorio.	10 min	OD3	CMCT CAA	1.1
2. Diseño del proceso de extracción guiado por el docente.	15 min			
3. Realización de la experiencia en el laboratorio o en casa y responder a las preguntas del cuestionario (Anexo 3)	20 min			
4. Puesta en común de las respuestas que tendrán que incorporar al cuaderno de prácticas junto con el protocolo realizado para la extracción de ADN.	10 min			

En esta sesión el alumnado llevará a cabo una práctica en el laboratorio en el que extraerán y visualizarán su propio ADN a partir del epitelio bucal usando un protocolo sencillo con reactivos que se tienen por casa. El alumnado realizará la práctica y responderá a unas preguntas en relación con el procedimiento y con la aplicación de esta técnica. Para ello, la sesión se estructura en cuatro actividades:

1. Explicación del objetivo de la práctica y visualización de un vídeo

El docente explicará el objetivo de la práctica a la vez que muestra el vídeo “Extracción de DNA” de Universitat Politècnica de Valencia (2015) donde visualizarán una extracción de ADN real en el laboratorio recalando que esta técnica es muy necesaria en muchas líneas de investigación poniendo ejemplos.

2. Diseño del proceso de extracción guiado por el docente

Con las ideas principales recogidas en el vídeo anterior y con la ayuda del docente, el alumnado explorará y diseñará las diferentes etapas de un protocolo de extracción casero. Para ello se le facilitará una ficha/informe con una tabla donde aparecen desordenadas los diferentes pasos del protocolo en una tabla y que tendrá que ordenar. Esta ficha/informe de la extracción se encuentra en el Anexo 3.

3. Realización de la extracción de ADN

Una vez que el alumnado ya tiene diseñado su protocolo, realizarán la extracción del ADN siguiendo los distintos pasos y a la vez contestarán a las preguntas que se encuentran dicha ficha/informe (Anexo 3).

4. Puesta en común de las respuestas para terminar la sesión

El informe/ficha del protocolo junto con las respuestas (Anexo 3) será incorporado al cuaderno de prácticas del alumnado que deberá ser entregado individualmente para su evaluación.

Adaptación a la docencia online: esta sesión se llevaría a cabo mediante la plataforma *Teams* tal cual está programada. En el caso de la actividad 3, la extracción de ADN se llevará a cabo en casa y el alumnado tendrá que adjuntar las fotos del experimento a su cuaderno de prácticas en el informe correspondiente a dicha práctica.

Sesión 4. Los procesos de la expresión génica I

Tabla 8. Actividades sesión 4

Sesión 4. Los procesos de la expresión génica I				
Actividades de desarrollo				
Actividades	Temp.	Objetivos Didácticos	C.C.	Estándares de aprendizaje
1. Explicación a grandes rasgos de los tres procesos que constituyen la expresión génica (dogma central de la biología, del ADN a proteína): replicación, transcripción y traducción. Centrando esta sesión en el proceso de replicación. La explicación se hará apoyándose en diapositivas digitales y en la visualización de un video ilustrativo de dicho proceso.	15 min	OD4 OD5 OD12 OD13	CMCT CAA CSC SIEP CL CD	6.1 4.1 3.1
2. Inventa tu propio gen. Cada estudiante se inventa su gen y, mediante la técnica del 1-2-4, lo pone en común con los compañeros de su grupo. La puesta en común con el grupo-clase se hace con la técnica de El plenario.	20 min			
3. Kahoot de repaso, con todos los conceptos vistos en estas cuatro primeras sesiones (Anexo 4).	15 min			

4. Actividad de investigación/ampliación. Búsqueda de información sobre los experimentos de Breadle y Tatum. ¿Cuándo y a quiénes les concedieron el Premio Nobel por este experimento?	5 min			
--	-------	--	--	--

En esta sesión la finalidad es que el alumnado comprenda el proceso de la expresión génica en su totalidad como dogma centra de la biología molecular, que establece que la información fluye desde el ADN al ARN y de este a las proteínas. En esta sesión se hablará de los tres procesos que constituyen la expresión génica: replicación, transcripción y traducción. Centrando esta sesión plenamente en el proceso de replicación y en la comprensión de conceptos clave como gen, genoma y proteína. Así esta sesión se divide en cuatro actividades:

1. Explicación del proceso de replicación y de los conceptos clave

El docente llevará a cabo la explicación mediante clase magistral apoyándose en diapositivas digitales y en la visualización del video “Replicación del ADN” de Bioquímica de Pastor (2017) que ilustra dicho proceso.

2. Actividad inventa tu propio gen

El alumnado en grupos de base llevará a cabo la invención de un gen. Mediante la técnica del 1-2-4, cada estudiante del grupo lo pondrá en común con los compañeros de su grupo. La puesta en común con el grupo-clase se hará con la técnica de El plenario. Cada estudiante entregará dicha actividad de forma individual para su evaluación.

3. Kahoot de repaso

Con esta actividad se llevará a cabo un repaso con la aplicación Kahoot de todos los contenidos vistos en estas cuatro primeras sesiones de la Unidad Didáctica (ver preguntas del Kahoot en Anexo 4). Los resultados del Kahoot se utilizarán para evaluar al alumnado de forma individual.

4. Actividad de investigación/ampliación

En esta sesión se propone esta actividad de ampliación voluntaria basada en la búsqueda de información sobre los experimentos de Breadle y Tatum. ¿Cuándo y a quiénes les concedieron el Premio Nobel por este experimento?

Adaptación a la docencia online: esta sesión se llevaría a cabo mediante la plataforma *Teams* tal cual está programada.

Sesión 5. Los procesos de la expresión génica II: Sudoku Transcripción-Traducción

Tabla 9. Actividades sesión 5

Sesión 5. Los procesos de la expresión génica II: Sudoku Transcripción-Traducción				
Actividades de desarrollo				
Actividades	Temp.	Objetivos Didácticos	C.C.	Estándares de aprendizaje
1. Explicación usando un video del proceso de transcripción y traducción.	10 min	OD6 OD13	CMCT CAA CSC SIEP	7.1 4.1
2. Cuestionario de tres preguntas relacionadas con los contenidos del vídeo. El alumnado trabajará en grupo para responder a las preguntas y se realizará una puesta en común mediante la técnica cabezas numeradas para sintetizar y comprobar el grado de comprensión del vídeo.	15 min			
3. Sudoku transcripción-traducción para que el alumnado aprenda a utilizar el código genético completando el Sudoku mediante el uso de un dodecaedro, que contiene el código genético, construido previamente por ellos (ver Sudoku y plantilla para la construcción del dodecaedro en Anexo 5).	30 min			

En esta sesión la finalidad es completar los procesos de la expresión génica centrándose en los procesos de transcripción y de traducción. La sesión se dividirá en tres actividades:

1. Explicación usando un video del proceso de transcripción y traducción.

Se comenzará la sesión con la visualización de un vídeo explicativo que ilustra los procesos de transcripción traducción “DNA transcription and translation” de McGraw-Hill Animations.

2. Cuestionario de preguntas relacionadas con el vídeo

Con la finalidad de sintetizar y comprobar el grado de comprensión de los contenidos del vídeo por el alumnado, se plantearán tres preguntas relacionadas con el contenido del vídeo: ¿En qué consiste el proceso de transcripción y en que parte de la célula tiene lugar? ¿En qué consiste el proceso de traducción y en qué parte de la célula tiene lugar? ¿Qué significa que el código genético es universal? El alumnado en grupos

contestará las preguntas y se llevará a cabo una puesta en común mediante la técnica simple de trabajo cooperativo cabezas numeradas.

Cada estudiante de manera individual entregará las respuestas a dichas preguntas para su evaluación.

3. Sudoku transcripción-traducción para que el alumnado aprenda a utilizar el código genético completando el Sudoku mediante el uso de un dodecaedro, que contiene el código genético y que será construido previamente a la sesión (ver Sudoku y plantilla para la construcción del dodecaedro en Anexo 5).

Adaptación a la docencia online: esta sesión se llevaría a cabo mediante la plataforma Teams tal cual está programada.

Sesión 6. Las mutaciones

Tabla 10. Actividades sesión 6

Sesión 6. Las mutaciones				
Actividades de desarrollo				
Actividades	Temp.	Objetivos Didácticos	C.C.	Estándares de aprendizaje
1. Fase 1 de la técnica puzzle: cada estudiante perteneciente a los grupos originales prepara, lee y aprende individualmente la parte de contenidos que se le haya asignado previamente (definición de mutación, consecuencias, tipos o ejemplos)	15 min	OD7 OD12 OD13	CCL CMCT CAA CSC SIEP	8.1 1.1 4.1
2. Fase 2: reunión de expertos para debatir y comentar su parte de contenidos. Diseño de un plan común para comunicar su parte, durante la Fase 3, al resto de compañeros del grupo original.	15 min			
3. Fase 3: cada estudiante regresa a su grupo original y explica al resto de sus compañeros la parte que ha estado preparando en el grupo de expertos.	15 min			
4. Elaboración de mapa conceptual global en grupo.	10 min			

En esta sesión se van a trabajar los contenidos relacionados con la mutaciones utilizando la técnica puzzle de aprendizaje cooperativo conocida previamente por el

alumnado (ver en detalle dicha técnica en el bloque I de fundamentación teórica apartado 3.5.2). Los contenidos sobre las mutaciones (pertenecientes al libro de texto utilizado en esta propuesta) se dividirán en cuatro partes: definición de mutación, consecuencias de las mutaciones, tipos de mutaciones y ejemplo de la anemia falciforme. A cada uno de los estudiantes, agrupados en grupos de cuatro y enumerados del uno al cuatro, se le entregará una de las cuatro partes ordenadamente. Así la sesión se dividirá en cuatro actividades:

1. Actividad fase 1 de la técnica puzle

En esta primera fase, el alumnado uno de cada grupo se prepara, lee y aprende individualmente la definición de mutación, el alumnado dos las consecuencias, el alumnado tres los tipos y el alumnado cuatro el ejemplo.

2. Actividad fase 2 de la técnica puzle

Una vez finalizado el tiempo de preparación individual estimado, comienza la segunda fase con la Reunión de Expertos donde todos los estudiantes de igual número se reúnen para debatir y comentar su parte que es la misma. Los grupos de expertos diseñarán un plan común para comunicar su parte al resto de compañeros.

3. Actividad fase 3 de la técnica puzle

Finalizada la fase de los expertos, comienza la tercera fase donde cada estudiante regresa a su grupo original y explica al resto de sus compañeros la parte que ha estado preparando.

4. Actividad fase 4 de la técnica puzle

En la cuarta y última fase, el alumnado elaborará por grupos un mapa conceptual global con el fin de que demuestre el dominio de los contenidos que han adquirido. La elaboración puede ser a mano o con software informático como PowerPoint o CmapTools. Dicha actividad se evaluará con la entrega individual del mapa elaborado en el grupo.

Adaptación a la docencia online: esta sesión se llevaría a cabo mediante la plataforma *Teams* tal cual está programada.

Sesión 7. La decisión sobre los transgénicos (Proyecto ENGAGE)

Tabla 11. Actividades sesión 7

Sesión 7. La decisión sobre los transgénicos (Proyecto ENGAGE) Actividades de desarrollo				
Actividades	Temp.	Objetivos Didácticos	C.C.	Estándares de aprendizaje
1. Actividad inicial. Discusión en parejas del poster anti-transgénicos (material proyecto ENGAGE) sobre por qué algunas personas están en contra de los transgénicos.	10 min	OD8 OD9 OD12 OD13	CMCT CMCT CSC SIEP	12.1 14.1 15.1 3.1 4.1
2. Explicación de las técnicas de modificación génica. Finalidad de cultivar maíz transgénico y de cómo se genera este.	10 min			
3. Juego con puzles en grupos donde analizaran: los riesgos para la salud de comer cereal genéticamente modificado o cereal sin modificar y también los riesgos para el medio ambiente y la repercusión económica del uso de transgénicos o no transgénicos.	20 min			
4. Sesión plenaria. Discusión entre grupos de lo que los puzles les muestran.	15 min			

En esta sesión se va a llevar a cabo una actividad de controversias “La decisión de los transgénicos” utilizando los materiales publicados para esta actividad por el proyecto ENGAGE de la Comisión Europea. Partiendo del material original de este proyecto que está enfocado principalmente en los riesgos para la salud humana, se ha modificado para intentar completar la controversia con dos enfoques importantes como son el medioambiental y económico (ver material modificado en Anexo 6). En esta actividad, el alumnado aplica su conocimiento sobre los genes para aprender por qué los cultivos se modifican genéticamente antes de evaluar los riesgos para la salud y para el medio ambiente, con objeto de decidir qué cereales comprarían si en la estantería del supermercado se encuentran cereales transgénicos. La sesión se ha estructurado en cuatro actividades:

1. Actividad inicial

Se muestra el póster anti-transgénicos (diapositiva 2 y 3 del PowerPoint Anexo X) y se pedirá al alumnado que discuta en parejas sobre por qué algunas personas están en contra de los transgénicos y sobre qué es lo que piensan que significa modificado genéticamente. Se les pedirá que plasmen sus respuestas en un papel y posteriormente se hará una puesta en común en clase para favorecer el afloramiento de sus ideas previas y comentarlas antes de trabajar con los contenidos que se pretende que se aprendan en esta sesión. Después de debatir las preguntas, se les mostrarán tres recortes de prensa para explicarles que algunas personas están a favor (diapositiva 4) para que vean que los alimentos transgénicos deben ser aprobados por medidas de regulación muy estrictas y para que conozcan que hay pocas variedades aprobadas en contra de lo que se esperan por los medios de comunicación. También se les mostrará recortes de prensa de personas que están en contra de la modificación genética y los organismos modificados genéticamente (OGM) porque creen que conllevan un riesgo para la salud en su consumo, para el medio ambiente como problemas de contaminación genética por hibridación con otras especies silvestres, empobrecimiento de la biodiversidad por resistencia, contaminación de suelos o por el impacto económico de los cultivos transgénicos para grandes empresas y pequeños productores (diapositiva 5). A continuación se planteará la tarea y se mostrarán los objetivos (diapositiva 6).

2. Explicación de las técnicas de modificación génica. Finalidad de cultivar maíz transgénico y de cómo se genera este.

El docente mostrará al alumnado una animación sobre cómo se modifica genéticamente el maíz (diapositiva 7) y le explicará que la proteína tóxica (Bt) es producida de forma natural por un tipo de bacteria y es tóxica para el taladro del maíz. La proteína se vuelve tóxica dentro del estómago de la oruga (que es un medio alcalino). El estómago humano es un medio ácido por lo que la proteína se mantiene inocua cuando la ingerimos.

Por parejas, el alumnado discutirá la pregunta planteada en la diapositiva 7 y el docente comentará que el maíz no será atacado por el taladro del maíz, de modo que, dependiendo de qué plagas sean un problema, puede que el agricultor tenga que usar muy poco pesticida o ningún pesticida.

3. Juego con puzles para analizar los riesgos de los transgénicos

El alumnado trabajará en grupos pequeños. A cada grupo se le facilitará las evidencias y las piezas del puzle (PowerPoint Anexo 6). El alumnado leerá la evidencia, decide si se apoya o se rebate la declaración de riesgo según la fuente de la evidencia y construirá sus puzles.

4. Sesión plenaria

El alumnado discutirá entre grupos lo que los puzzles les muestran acerca del tipo de cereal que conlleva un mayor riesgo. Para ello compararán el tamaño de sus puzzles.

Por último se pedirá de forma individual un informe para que el alumnado escriba qué cereal ha escogido y por qué (diapositiva 9). Además deben buscar e incluir información sobre la legislación española en torno al etiquetado de los productos transgénicos. Con esto facilitaremos la evaluación de lo aprendido.

Para la elaboración del material de esta sesión se ha utilizado como base el material original de uso libre ENGAGE publicado por el proyecto ENGAGE de la Comisión Europea (<https://www.engagingscience.eu/es/2015/03/26/decision-sobre-los-transgenicos/>). Entre estos, un PowerPoint que incluye las diapositivas para presentar y las Fichas del alumnado.

Adaptación a la docencia online: esta sesión se llevaría a cabo mediante la plataforma Teams tal cual está programada.

Sesión 8. Podemos curar con células

Tabla 12. Actividades sesión 8

Sesión 8. Podemos curar con células				
Actividades de desarrollo				
Actividades	Temp.	Objetivos Didácticos	C.C.	Estándares de aprendizaje
1. Visualización de dos vídeos: uno sobre la clonación reproductiva de la oveja Dolly y otro de clonación terapéutica el que unos investigadores explican la forma en que obtienen diferentes tipos de células a partir de células madre como terapia para regenerar tejidos en pacientes.	7 min	OD11	CCL CMCT	13.1
2. Diseño de un póster en grupos de cuatro que ilustre el proceso de obtención de células madre.	30 min	OD9 OD10 OD12 OD13	CMCT CSC SIEP CL CD	15.1 3.1 4.1
3. Puesta en común de los pósteres siguiendo la técnica La Galería y debate a partir de la lectura de un artículo de prensa sobre clonación “La clonación terapéutica, ¿un peligro para el ser humano?”	18 min			

4. Actividad de investigación/ampliación: Declaración universal del Genoma Humano y los Derechos Humanos (Anexo 7).			CAA	
--	--	--	-----	--

En esta sesión se van a trabajar los contenidos relacionados con la clonación reproductiva y terapéutica mediante el diseño de un póster y la lectura de un artículo de prensa. Así la sesión se estructuraría en cuatro actividades:

1. Visualización de dos vídeos: uno de sobre la clonación reproductiva de la oveja Dolly de Perucultural Académico (2017) y otro de XploreHealth (2011) sobre la clonación terapéutica en el que unos investigadores explican la forma en que obtienen diferentes tipos de células a partir de células madre como terapia para regenerar tejidos en pacientes.
2. Diseño de un póster en grupos de cuatro que ilustre el proceso de obtención de células madre.
3. Puesta en común de los pósteres siguiendo la técnica La galería y debate sobre la clonación a partir de la lectura de un artículo de prensa de López (2013) “La clonación terapéutica, ¿un peligro para el ser humano?”. Se plantearán las siguientes preguntas a debatir: ¿Pensáis que es ética la clonación humana? ¿Y si es con fines terapéuticos? ¿Qué argumentos a favor o en contra de la clonación terapéutica daríais en un debate?.

Al término del debate cada estudiante individualmente redactará las respuestas a dichas preguntas planteadas y añadirá esta redacción al cuaderno de clase para su evaluación.

4. Actividad de investigación/ampliación

En esta sesión se propone una actividad de ampliación obligatoria sobre el Proyecto Genoma Humano (Anexo 7) para que el alumnado realice en casa. Individualmente leerá el texto y responderá a las preguntas propuestas realizando un informe que luego entregará para su evaluación.

Adaptación a la docencia online: esta sesión se llevaría a cabo mediante la plataforma *Teams* tal cual está programada.

Sesión 9. Último repaso con *escape room* “Bienvenidos al instituto de nuevo”

Tabla 13. Actividades sesión 9

Sesión 9. Último repaso con <i>escape room</i> “Bienvenidos al instituto de nuevo”				
Actividades de repaso				
Actividades	Temp.	Objetivos Didácticos	C.C.	Estándares de aprendizaje
<i>Escape room</i> “Bienvenidos al instituto de nuevo” (https://view.genial.ly/5ed92f68f3fc5e0dae42aeb3/game-breakout-informacion-e-ingenieria-genetica).	40 min	OD2 OD4 OD5 OD6 OD7 OD8 OD9 OD10 OD11 OD12	CD CAA CL CMC T	1.1 5.1 6.1 7.1 8.1 12.1 13.1
Dudas	15 min			

Para esta sesión se ha elaborado un *escape room* virtual titulado “*Bienvenidos al instituto de nuevo*” y para ello se ha utilizado la plataforma *Genially*. El objetivo de esta actividad de repaso es reforzar el aprendizaje de esta UDI realizando este juego. En la primera parte de la sesión se dará al alumnado las instrucciones para que lleve a cabo el *escape room* facilitándole el siguiente enlace web para que comiencen el juego en los ordenadores (<https://view.genial.ly/5ed92f68f3fc5e0dae42aeb3/game-breakout-informacion-e-ingenieria-genetica>, ver pantalla de inicio Figura 3).



Figura 3. Pantalla con la que se inicia el *escape room* “Bienvenido al instituto de nuevo”.

En este juego el alumnado se trasladará virtualmente al instituto para llevar a cabo la misión de buscar una caja fuerte que la profesora de biología dejó olvidada por alguna dependencia antes del confinamiento. Esta caja fuerte es indispensable para que la profesora pueda evaluarlos ya que ahí dejó todos los documentos y exámenes. Además el alumnado tendrá que encontrar la clave de 4 dígitos para poder abrir la caja mediante la resolución de una serie de acertijos y actividades relacionados con los contenidos de esta UDI. También encontrará actividades relacionadas con curiosidades del tema (ver algunas pantallas interactivas del juego en Figura 4).

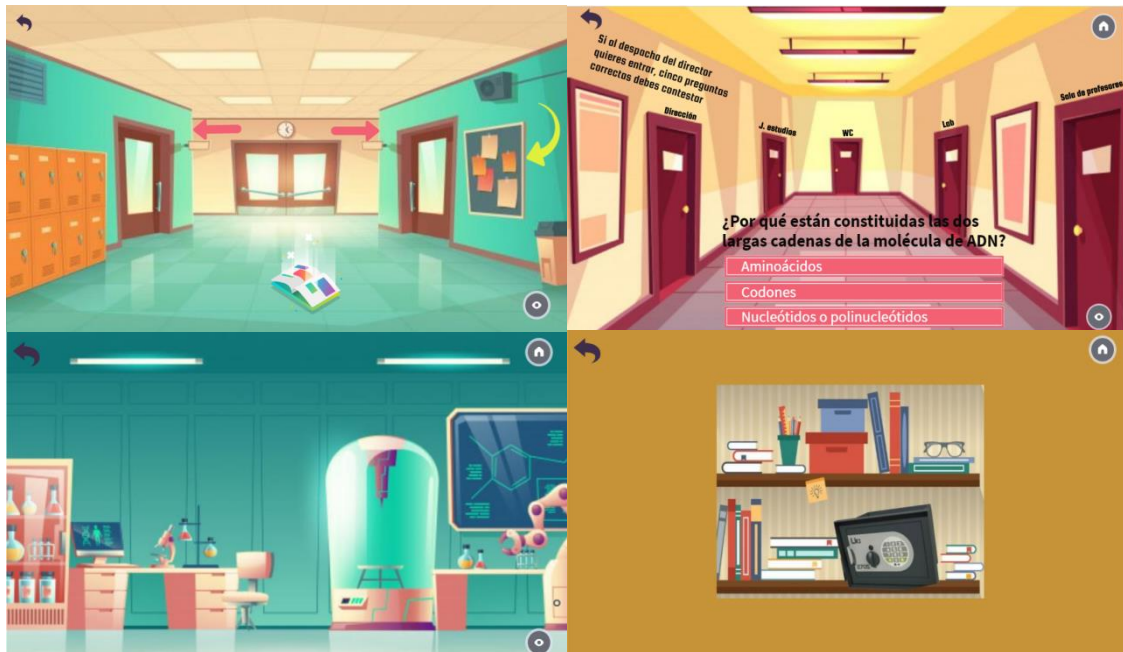


Figura 4. Pantallas interactivas de diferentes dependencias y objetos que el alumno encontrará explorando el instituto.

Se les dará la opción de realizar el juego en parejas pero elaborarán y entregarán individualmente un informe con las distintas actividades resueltas que se han ido encontrando a lo largo del juego para encontrar el código que abre la caja fuerte.

Los últimos 15 minutos de la clase se reservaran para resolver las dudas que tengan de los contenidos de la UDI de cara al examen.

Adaptación a la docencia online: esta sesión se llevaría a cabo mediante la plataforma *Teams* tal cual está programada.

Sesión 10. Prueba escrita final de la Unidad Didáctica.

Tabla 14. Actividades sesión 10

Sesión 10. Prueba escrita final de la Unidad Didáctica.				
Actividad de repaso				
Actividades	Temp.	Objetivos Didácticos	C.C.	Estándares de aprendizaje
1. En esta sesión se llevará a cabo la realización de la prueba escrita (Anexo 8) para saber si se han conseguido los objetivos propuestos y cuales han sido las principales dificultades en el desarrollo de la unidad.	55 min	OD2 OD4 OD5 OD6 OD7 OD8 OD9 OD10 OD11	CL CMCT CAA	5.1 6.1 7.1 8.1 12.1 14.1 13.1

En esta última sesión, el alumnado llevará a cabo una prueba escrita final con objeto de evaluar la adquisición de conocimientos relacionados con los contenidos de la UDI (Anexo 8). En esta prueba se calificarán los distintos criterios evaluables sobre una puntuación total de 10 y en cada pregunta vendrá indicado cada criterio. Además, se tendrá en cuenta la ortografía y la presentación para poder valorar la expresión escrita.

En la misma prueba se incluirán un pequeño cuestionario para valorar la satisfacción del alumnado con la propuesta didáctica (Anexo 8) y el cuestionario de ideas previas que se realizó en la sesión 1 para comprobar si han asimilado los contenidos y comprobar si han cambiado sus ideas previas. Estos dos cuestionarios servirán para la evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje que se describirá en el apartado de Evaluación de la memoria.

Adaptación a la docencia online: esta sesión se llevará a cabo mediante la plataforma *Teams* tal cual está programada. El examen lo harán mediante la realización de un formulario *online* elaborando con *Microsoft Forms* que tendrán activo en *Teams* durante la duración de la sesión.

5.9 Metodología

La metodología que se sigue en esta propuesta didáctica se encuentra recogida y ampliamente descrita en el bloque de fundamentación teórica así que este apartado se limita a ser un breve resumen de los métodos pedagógicos utilizados.

De acuerdo con el Decreto 111/2016 de 14 de junio de 2016 por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, en esta Unidad Didáctica se emplean los principios metodológicos recomendados para alcanzar los objetivos previstos y la adquisición de competencias clave por el alumnado.

La metodología a seguir está basada en el modelo constructivista de enseñanza aprendizaje. Los métodos utilizados en el desarrollo de los contenidos de esta Unidad Didáctica parten de las ideas previas del alumnado y esto hace que pueda aprender, con una orientación correcta del profesorado, relacionando los conocimientos de los que parten con la nueva información, es decir, que aprendan mediante el proceso del cambio conceptual o construcción de nuevos significados. Por ello, las actividades que se recogen en esta propuesta didáctica se han clasificado en tres tipos diferentes. En primer lugar las actividades de iniciación y motivación que se basan en la detección de las ideas previas del alumnado y en la creación de un contexto que despierte el interés del alumnado. En segundo lugar actividades de desarrollo específicas, donde se trabajan todo tipo de contenidos y se identifican los errores que más se repiten. Y, por último, actividades de acabado que refuerzan el aprendizaje utilizando herramientas de gamificación y actividades para saber si se han conseguido los objetivos propuestos en la unidad.

En esta propuesta se da a conocer al alumnado la historia de la ciencia mediante la realización de la ficha histórica en la sesión 1 y una actividad de ampliación en la sesión 4. La historia de la ciencia es un valioso método para mejorar la formación académica ya que permite entender las características del trabajo científico (método científico) y comprender cómo se construyeron las teorías científicas a lo largo del tiempo. Dado al paralelismo existente entre las ideas intuitivas del alumnado y las primeras ideas científicas, la historia de la ciencia promueve la evolución del alumnado desde sus ideas previas a la consolidación de sus conceptos científicos. Además también ofrece historias anecdóticas que favorecen el recuerdo y la motivación del alumnado.

El desarrollo de una sesión práctica en la sesión 3 de esta propuesta también ha contribuido a que el alumnado conozca el trabajo científico favoreciendo el descubrimiento, la observación y la experimentación, intentando que el aprendizaje sea desde una actitud activa y no pasiva.

Por otro lado en esta propuesta didáctica también se utilizan las TICS como herramientas integradas para el desarrollo del currículo. Se utilizan para apoyar las explicaciones, para la búsqueda de información por parte del alumnado para desarrollar los trabajos de investigación propuestos, para desarrollar tareas de aprendizaje a través de simulaciones, experiencias en laboratorios virtuales y otras actividades interactivas como simulaciones online, juegos, etc. Con su utilización se pretende favorecer la motivación del alumnado y con ello la adquisición de conocimientos creando unas buenas condiciones y un buen entorno de aprendizaje tanto para el docente como para el alumnado.

En casi todas las sesiones se fomenta el aprendizaje cooperativo utilizando diversas técnicas que permiten construir el conocimiento individual y dinamizarlo mediante el intercambio verbal y colectivo de ideas y formas de expresar dichas ideas. Promoviendo además hábitos de colaboración, trabajo en equipo y haciendo que el alumnado tenga un papel activo en el proceso de enseñanza aprendizaje. En este caso el docente actúa como guía en la búsqueda de información, identificando necesidades en el alumnado y motivando a los diferentes grupos de trabajo para alcanzar las metas propuestas.

La metodología de esta propuesta también intenta perseguir la indagación a través de las actividades de debate, actividad de controversias del Proyecto Engage y donde el alumnado investiga sobre videos y otros materiales utilizados, formulando preguntas, interpretando datos, contrastando información, aplicando el pensamiento crítico y considerando contribuciones alternativas.

En el uso de las tecnologías también se ha tenido en cuenta la contextualización del proceso educativo con los problemas sociales, tecnológicos y ambientales, relacionando los contenidos con estos problemas para enseñar al alumnado la aplicabilidad que pueden tener sus conocimientos en la vida real. Y además estimulando la reflexión, el pensamiento crítico y la responsabilidad en la toma de decisiones.

Todo esto se combina con metodología tradicional que también se ha llevado a cabo en las sesiones de esta propuesta como son las explicaciones del profesorado necesarias para la asimilación de conocimientos en algunas ocasiones.

5.10 Materiales

Para el desarrollo de los contenidos en las diferentes sesiones se dispone de una serie de materiales que facilitaran el proceso de enseñanza aprendizaje. A continuación se exponen aquellos que van a ser utilizados en esta UDI y que están disponibles en el centro:

- Libro de texto Biología y Geología 4º de ESO Santillana

- Proyector para las emisión de presentaciones digitales y para visualizar los videos dirigidos a toda la clase
- Ordenadores con conexión a Internet para que el alumnado lleve a cabo las investigaciones que se proponen en las diferentes actividades (aparte de los ordenadores de mesa de los que dispone el centro en el aula de informática, también dispone de ordenadores portátiles para que el alumnado pueda realizar las actividades en casa o seguir la unidad en el caso de impartirse de forma no presencial).
- Material para realizar la práctica de extracción de ADN (tubos, jabón, sal común, varillas de vidrio, vasos)
- Fichas de actividades
- Material para hacer el juego de controversias y el dodecaedro del código genético (tijeras y pegamento)

También se utilizarán los lugares que este Centro tiene para llevar a cabo algunas de las actividades que lo requieren:

- Laboratorio
- Aula para las clases teóricas

5.11 Atención a la diversidad y adaptaciones curriculares

En el artículo 35 de la Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado.

En esta propuesta didáctica se tendrá en cuenta la diversidad y variedad del alumnado, contemplando sus ritmos de aprendizaje diversos en todo momento y buscando soluciones personalizadas a todo el alumnado que presente unas capacidades distintas al resto para alcanzar los objetivos propuestos.

Las actividades que podrían llevarse a cabo en esta propuesta para la atención a la diversidad podrían ser:

- Actividades de refuerzo o recuperación para compensar posibles carencias en los contenidos propuestos. Por ejemplo las actividades de recuperación planteadas en el libro de texto junto con un examen final con los estándares no superados.
- Actividades y materiales de ampliación más complejas que las propuestas en el aula para el alumnado de altas capacidades o para el alumnado que quieran profundizar en los contenidos previstos.

- Adaptaciones curriculares individualizadas. Cuando sea necesario y en coordinación con el departamento de orientación del centro escolar.

En el apartado 4.4.3 de esta propuesta se ha hablado del perfil del alumnado. Así, en el grupo de 4º de ESO A ningún estudiante requiere ningún tipo de adaptación curricular. Tan solo un estudiante está diagnosticado como estudiante de altas capacidades así que en el caso de ser necesario se le proporcionarían actividades de ampliación.

5.12 Evaluación

La evaluación es un proceso muy importante ya que se utiliza como control de calidad y por ello debe ser planificada en cada propuesta didáctica. La evaluación del alumnado debe ser continua, mediante la realización de pruebas y actividades periódicas para que esta sea efectiva y permita al alumnado conocer la situación y evolución de su proceso de aprendizaje. Además permite al profesorado hacer mejoras y modificaciones durante el desarrollo de las diferentes UDIs. Según el artículo 14 de la Orden del 14 de julio de 2016, con la evaluación se comprueba el grado de adquisición de las competencias clave y el logro de los objetivos utilizando como referentes los criterios de evaluación y su concreción en los estándares de aprendizaje.

5.12.1 Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación junto con los estándares de aprendizaje serán los puntos de referencia para comprobar el grado de adquisición de las competencias y valorar el cumplimiento de los objetivos didácticos de esta propuesta. Se encuentran recogidos en la Tabla 3 donde se relacionan con el resto de elementos curriculares y son los que aparecen a continuación:

- 20. Reconocer los hechos históricos más importantes en el desarrollo de la Genética.
- 5. Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función (Bloque 1).
- 6. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética (Bloque 1).
- 7. Comprender cómo se expresa la información genética, utilizando el código genético (Bloque 1).
- 8. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución (Bloque 1).
- 12. Identificar las técnicas de la Ingeniería Genética: ADN recombinante y PCR (Bloque 1).
- 14. Reconocer las aplicaciones de la Ingeniería Genética: OMG (organismos modificados genéticamente) (Bloque 1).
- 13. Comprender el proceso de la clonación (Bloque 1).

- 15. Valorar las aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en la agricultura, la ganadería, el medio ambiente y la salud (Bloque 1).
- 1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias de trabajo científico (observación, clasificación, deducción, comunicación y predicción) (Bloque 4).
- 3. Discriminar y decidir sobre las fuentes de información y los métodos empleados para su obtención (Bloque 4).
- 4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en grupo (Bloque 4).

La mayor parte de los criterios con sus respectivos estándares de aprendizaje están recogidos en el Bloque 1 y 4 del RD 1105/2014, así como en la Orden de 14 de julio de 2016 y por ello se ha conservado la numeración que tienen en la legislación actual. Excepto el criterio 20 y su estándar de aprendizaje 20.1 que es específico de la UDI y se ha numerado con el número 20. Los criterios de evaluación del Bloque 1 con sus respectivos estándares de aprendizaje serán evaluados solo en la presente UDI. Por el contrario, los criterios y estándares del Bloque 4 serán evaluados en todas las UDIs.

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 15 de la Orden de 14 de julio de 2016, se llevará a cabo la evaluación de los criterios de evaluación de esta unidad utilizando diferentes técnicas o instrumentos ajustados a dichos criterios y a las características específicas del alumnado. De modo que los instrumentos o técnicas utilizados en esta propuesta didáctica serán:

- *Prueba escrita final* en la que se utilizará una rúbrica para evaluar globalmente al alumnado y no solo atendiendo al aprendizaje de contenidos (ver rúbrica para la prueba escrita y para los contenidos en Anexo 9.2 y 9.3 respectivamente).
- Observación sistemática del trabajo diario del alumno. Con este instrumento el profesorado evaluará:
 - o las actividades o producciones realizadas diariamente durante el transcurso de la UDI (*Cuaderno de clase*). Para asegurar la valoración objetiva de las actividades se utilizaran diferentes rúbricas: rúbrica para la evaluación del cuaderno (ver en Anexo 9.1), rúbrica para evaluar las producciones en trabajo cooperativo (ver Anexo 9.4) y rúbrica para evaluar los contenidos (ver Anexo 9.3).
 - o *Cuaderno de prácticas*. Elaborado individualmente por cada estudiante donde se recoge una memoria, actividades y conclusiones de la práctica realizada en cada UDI. Se utilizará la rúbrica del anexo 9.1 para evaluarlo.
- Por último, se tendrá en cuenta el cumplimiento de las normas de convivencia y el respeto en clase así como la participación e interés por la

asignatura. Para ello se realizará un registro sistemático por *observación directa* del alumnado utilizando una rúbrica de observación (Anexo 9.5) para evitar la posible subjetividad en el uso de esta técnica.

Además en la evaluación continua de la unidad se incluye una evaluación inicial que tiene lugar en la sesión 1 con la que se inicia la unidad y se trata de un cuestionario que sirve para la detección de las ideas previas y del nivel de conocimiento que tiene la clase sobre el que se van a construir los nuevos conocimientos y subsanar obstáculos conceptuales previos. Al terminar la UDI este cuestionario se realizará de nuevo con la finalidad de comprobar si el proceso de enseñanza aprendizaje ha transformado las ideas erróneas del alumnado en nuevas concepciones científicamente correctas. Además el pasar el cuestionario al terminar la unidad también servirá para comprobar si han asimilado algunos contenidos.

5.12.2 Criterios de calificación

Los criterios de calificación se utilizan para cuantificar con una nota los conocimientos y el aprendizaje adquiridos por el alumnado. La calificación de los criterios evaluables en esta UDI se calculará en base a:

- el peso de los criterios evaluados en la prueba escrita final. Esta prueba tendrá lugar en la sesión 10 (Anexo 8) y en ella se calificará cada criterio de evaluación de la unidad asignando un valor numérico a cada criterio de evaluación sobre una puntuación total de 10. Esta calificación supondrá un 40% de la calificación final que se le dé al criterio en esta unidad. La prueba escrita constará de 10 preguntas y en cada pregunta vendrá indicado el criterio que se evalúa. Además de tener en cuenta el dominio del criterio para asignarle un valor numérico en la prueba escrita, también se tendrán en cuenta otros aspectos como que el alumnado se exprese correctamente (expresión escrita) y que haga uso correcto de la ortografía.
- el peso de los criterios evaluados en las actividades y trabajo diario (cuaderno de clase y cuaderno de prácticas) que es un 50% de la calificación final en el caso de los criterios que se evalúen también en la prueba escrita y hasta un 90% en el caso de los criterios que solo se evalúen con las actividades.
- el peso de los criterios evaluados en la observación directa que supondrá hasta un 10% de la calificación final del criterio. El alumnado que lo incumpla y reciba tres llamadas de atención a lo largo de una UDI perderá el peso asignado a dicho instrumento.

Los criterios de calificación de los distintos criterios de evaluación de esta propuesta se encuentran detallados en la Tabla 15:

Tabla 15. Criterios de calificación.

BLOQUE	CRITERIO DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTO	CRITERIO DE CALIFICACIÓN	VALORACIÓN FINAL
BLOQUE 1	20	Cuaderno de clase Sesión 1 Actividad 3	90%	
		Observación directa Actividades Sesión 1	10%	
	5	Cuaderno de clase Sesión 2 Actividad 3	50%	
		Prueba escrita final Sesión 10	40%	
		Observación directa Actividades Sesión 2	10%	
	6	Cuaderno de clase Sesión 4 Actividad 2	50%	
		Prueba escrita final Sesión 10	40%	
		Observación directa Actividades Sesión 4	10%	
	7	Cuaderno de clase Sesión 5 Actividad 3	50%	
		Prueba escrita final Sesión 10	40%	
		Observación directa Actividades Sesión 5	10%	
	8	Cuaderno de clase Sesión 6 Actividad 4	50%	
		Prueba escrita final Sesión 10	40%	
		Observación directa	10%	

BLOQUE 4		Actividades Sesión 6		
	12 y 14	Cuaderno de clase Sesión 7 Actividad 4	50%	
		Prueba escrita final Sesión 10	40%	
		Observación directa Actividades Sesión 7	10%	
	13	Cuaderno de clase Sesión 8 Actividad 3	50%	
		Prueba escrita final Sesión 10	40%	
		Observación directa Actividades Sesión 8	10%	
	15	Cuaderno de clase Sesión 7 Actividad 4 Sesión 8 Actividad 3 y 4	90%	
		Observación directa Actividades Sesión 7 y 8	10%	
	1	Cuaderno de prácticas Actividades Sesión 3 Cuaderno de clase Sesión 6	90%	
		Observación directa Actividades Sesión 3 y 6	10%	
		Cuaderno de clase Sesión 1 Actividad 3 Sesión 4 Actividad 4 Sesión 7 Actividad 4 Sesión 8 Actividad 4	90%	

	3	Observación directa Sesión 1 Actividad 3 Sesión 4 Actividad 4 Sesión 7 Actividad 4 Sesión 8 Actividad 4	10%	
	4	Cuaderno de clase Sesión 1 Actividad 3 Sesión 2 Actividad 3 Sesión 4 Actividad 2 Sesión 5 Actividad 2 Sesión 6 Actividad 1, 2,3 Sesión 7 Actividad 3 y 4 Sesión 8 Actividad 2 y 3	90%	
		Observación directa Sesión 1 Actividad 3 Sesión 2 Actividad 3 Sesión 4 Actividad 2 Sesión 5 Actividad 2 Sesión 6 Actividad 1, 2,3 Sesión 7 Actividad 3 y 4 Sesión 8 Actividad 2 y 3	10%	

La calificación ordinaria de la asignatura será de tipo numérico e irá del 1 al 10, considerándose superada si la calificación de la evaluación ordinaria es superior o igual a 5. La calificación se realizará obteniendo la media ponderada de las calificaciones de los distintos criterios de evaluación según los pesos. Se considerará superada la evaluación de un criterio cuando la calificación final sea 5 o superior.

Las notas de la asignatura en la primera y segunda evaluación se obtendrán del mismo modo que la evaluación ordinaria pero teniendo en cuenta los criterios de evaluación trabajados en el primer o segundo trimestre respectivamente.

Si por alguna razón de programación algún criterio de esta propuesta queda sin evaluar, no se tendrá en cuenta a la hora de obtener la media ponderada.

Al alumnado que no supere una evaluación se le facilitará un informe individualizado en el que se detallan los criterios de evaluación no superados y los contenidos asociados a dichos criterios. Al comienzo del segundo trimestre se le hará una prueba escrita en la que podrá recuperar dichos criterios. Si siguiendo este procedimiento al final de curso no ha superado la evaluación, deberá realizar una prueba escrita sobre

los criterios no superados. Si al final de curso no ha alcanzado los objetivos para superar la materia, deberá realizar una prueba escrita en septiembre en la que se evaluará de los criterios de evaluación no superados.

Para mejorar la calidad docente del profesorado, se llevará a cabo la evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje mediante los siguientes instrumentos:

- Cuestionario de ideas previas aplicado en la sesión 1 de la propuesta y en la sesión 10 para valorar la acción didáctica.
- Cuestionario de preguntas al alumnado en la sesión 10 para evaluar la satisfacción con la propuesta didáctica.

5.13 Contenidos transversales

- Comprensión lectora. Ficha histórica (sesión 1 actividad 3); texto de las mutaciones (sesión 6 actividad 1); actividad de ampliación sobre los experimentos de Breadle y Tatum (sesión 4 actividad 4), lectura artículo de prensa sobre clonación (sesión 8 actividad 3), actividad de ampliación sobre el Proyecto Genoma Humano (sesión 8 actividad 4) y prueba escrita final (sesión 10).

- Expresión oral y escrita. Con la puesta en común de las diferentes actividades propuestas en cada una de las sesiones el alumnado consolidará sus destrezas comunicativas: ficha histórica del descubrimiento del ADN (sesión 1 actividad 4), actividad de compara y contrasta entre ADN y ARN (sesión 2 actividad 4), cuestionario de la práctica de extracción del ADN (sesión 3 actividad 4); actividad “inventa tu propio gen” (sesión 4 actividad 2) y cuestionario de transcripción y traducción (sesión 5 actividad 2); trabajo cooperativo técnica puzzle sobre los contenidos de las mutaciones (sesión 6 actividades 2, 3 y 4); discusión en parejas del poster anti-transgénicos (sesión 7 actividad 1); discusión del riesgo que conlleva el uso de las técnicas de modificación genética en plantas (sesión 7 actividad 4) y debate sobre la clonación (sesión 8 actividad 3). En cuanto a la expresión escrita, se trabaja en los distintos trabajos como la redacción de respuestas de los diferentes cuestionarios, informe de la práctica de extracción de ADN, análisis de información extraída de las páginas web, redacción de actividades en su cuaderno personal y en la prueba escrita final (sesión 10).

- Comunicación audiovisual. Visualización de imágenes para introducir la UDI (sesión 1 actividad 2) y para introducir la sesión 2 (actividad 1). Visualización de diferentes vídeos: el descubrimiento del ADN (sesión 1 actividad 3), extracción de ADN (sesión 3 actividad 1), replicación de ADN (sesión 4 actividad 1), proceso transcripción y traducción (sesión 5 actividad 1), clonación reproductiva y terapéutica (sesión 8 actividad 1).

- El tratamiento de las TICS. Buscar, seleccionar y analizar información de Internet sobre la contribución de Rosalind Franklin en el descubrimiento del ADN (sesión 1

actividad 3), sobre las aplicaciones de una extracción de ADN (sesión 3 actividad 3); sobre los experimentos de Breadle y Tatum (sesión 4 actividad 4); sobre la legislación española en torno al etiquetado de los productos transgénicos (sesión 7 actividad 4) y sobre el Proyecto Genoma Humano (sesión 8 actividad 4).

El empleo de distintas herramientas y recursos de Internet para la búsqueda de información, el trabajo a distancia (software para el envío de ficheros y correos), la elaboración de posters, montajes y exposiciones.

- Emprendimiento. En esta unidad se impulsan metodologías de trabajo en grupo y técnicas cooperativas que fomentan la toma de decisiones y el trabajo en equipo, el respeto a las opiniones de los demás y la autoconfianza.
- Educación cívica y constitucional. Conocer las consecuencias y el efecto de los avances de la ingeniería genética y la biotecnología en el medio ambiente y en las personas; actitud crítica en el ámbito ético y social; fomentar actitudes de tolerancia, respeto, igualdad, cooperación, solidaridad y cuidado hacia las personas y hacia el medio ambiente y los seres vivos; reflexiones y valoración de las herramientas y las técnicas de observación y estudio científico que contribuyen a comprender el entorno y respetar y proteger la diversidad y la sostenibilidad de la vida.
- Valores personales. Valorar el conocimiento objetivo mediante la observación, la experimentación y la lógica; actitudes de autonomía e iniciativa y responsabilidad en la toma de decisiones; actitudes de participación activa y cooperativa en los trabajos, actividades y proyectos grupales.

5.14 Trabajo interdisciplinar

La interdisciplinariedad de esta propuesta se encuentra en su relación con la asignatura de Física y Química de 4º ESO. En esta asignatura dedicarán una sesión para explicar las características de la composición química de los ácidos nucleicos y de los reactivos que se utilizan para su extracción. También para explicarles los diferentes instrumentos de laboratorio y cálculos necesarios para preparar las distintas disoluciones de los reactivos utilizados a partir de soluciones stock.

5.15 Actividades complementarias o extraescolares

En el colegio Santa María de la Capilla es el Departamento de Actividades Complementarias y Extraescolares (DACE) es el que se encarga de coordinar y programar actividades de formación relacionadas con el *currículum* que se imparten fuera del aula. Estas actividades fomentan valores como la sociabilidad, la deportividad, el aprovechamiento del tiempo libre y el respeto al entorno y medio ambiente.

Concretamente en esta unidad no se llevarán a cabo actividades de este tipo ya que no se dispone de tiempo suficiente pero una posible actividad podría ser la visita a algún centro de investigación andaluz para que el alumnado conozca el trabajo de algún grupo de Genética y su contribución a la sociedad. Por ejemplo la visita a algún grupo de la Universidad de Jaén, al CABD en Sevilla o al parque de la Ciencias en Granada.

5.16 Plan concreto de lectura

A lo largo de esta unidad se proponen textos extraídos de libros científicos o de artículos de prensa relacionados con la Genética para que el alumnado se acostumbre a su lectura y sepa interpretarlos: ficha histórica del descubrimiento del ADN (sesión 1), artículo de prensa y artículo del Proyecto Genoma Humano (sesión 8). La comprensión se trabaja mediante una batería de preguntas específica en cada caso.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Arango, J. A. (2013). *Diseño y aplicación de una estrategia para la enseñanza de la Genética con el fin de propiciar aprendizajes significativos en el grado octavo mediante el uso de las TIC: Estudio de caso en la Institución Educativa Dinamarca del municipio de Medellín*. Colombia.
- Ayuso, E., Abellán, T., & Banet Hernández, E. (1996). Introducción genética en al enseñanza secundaria y bachillerato: II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 14(2), 127–142.
- Azeglio, L. M., Mayoral, L., & Sara, C. (2015). Concepciones alternativas de genetica basica y division celular en estudiantes de secundaria. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa En El Campo de Las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de La Educación. Universidad Nacional de La Plata*, 1–10.
- Banet, E. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento biológico. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 449–478.
- Banet, E. ., & Ayuso, E. . (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 13(2), 137–153.
- Brady, S. C., & Andersen, E. C. (2019). An escape-room inspired game for genetics review. *Journal of Biological Education*, 00(00), 1–12. <http://doi.org/10.1080/00219266.2019.1703784>
- Caballero, A. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 26(2), 227–244.
- Campanario, J. M., & Otero, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje. *Enseñanza de Las Ciencias*, 18(2), 155–169.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 2(2), 183–208. http://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i3.07
- Carretero, M. (1997). ¿Qué es el constructivismo? *Constructivismo y Educación*, 39–71.
- Collazos, C., & Mendoza, J. (2006). Cómo aprovechar el “aprendizaje colaborativo” en el aula. *Educación y Educadores, Volumen 9*(4128), 61–76.

- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification." *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, MindTrek 2011*, (March 2014), 9–15. <http://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Díaz-Aguado, M. J. (2018). *El aprendizaje cooperativo: de la teoría a la práctica*. (J. L. Ibañez, M. Sequeiros, & J. Royo, Eds.). Madrid: Santillana.
- Diez, D., & Caballero, M. C. (2005). Imágenes externas de gen y cromosoma en materiales instruccionales para la enseñanza de la biología en el sistema educativo venezolano. *II Encuentro Iberoamericano Sobre Investigación Básica En Educación En Ciencias*, (492), 505.
- Domingo, M., & Fuentes, M. (2010). Innovación Educativa: Experimentar Con Las Tic Y Reflexionar Sobre Su Uso. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (36), 171–180.
- Domingo, M., & Marquès, P. (2011). 2011 Aulas 2.0 y uso de las TIC en la práctica docente. *Comunicar: Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación*, (37), 169–175. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3734127&info=resumen&idioma=ENG>
- Domjan, M. (2009). *Principios de aprendizaje y conducta*. Ed. Paraninfo.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 6(2), 109–121.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13(1), 105–122.
- Engel, E., & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70(4), 473–496. <http://doi.org/10.1002/sce.3730700412>
- Fernández, J., Guerrero, M., & Fernández, R. (2006). Las ideas previas y su utilización en la enseñanza de las ciencias morfológicas en carreras afines al campo biológico. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, (37), 117–124.
- Figini, E., & De Micheli, A. (2005). La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación polimodal : contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de Las Ciencias*, (Extra), 1–5.
- Gené, A. M. (1992). La historia de la ciencia, hilo conductor de la enseñanza y el aprendizaje. Un ejemplo: La fotosíntesis de las plantas verdes. *Aula de Innovación Educativa*, 4, 22–29.
- Gil, D., & Martínez-Torregrosa, J. (1987). Los problemas-guía de actividades: una

- concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 5(1), 44–45.
- Hernandez, R. M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325. <http://doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>
- Infante-Malachias, M., Padilha, I., Weller, M., & Santos, S. (2010). Comprehension of basic genetic concepts by brazilian undergraduate students. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 9(3), 657–668.
- Íñiguez, F. J., & Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 10(3), 307–327.
- Jiménez-Alexandre, M. P. (2010). 10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. *Educatio Siglo XXI*, 29(1), 363–366.
- Jiménez, M. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 9(3), 248–256.
- Johnson, D., & Johnson, R. (1994). An Overview of Cooperative Learning. *Creativity and Collaborative Learning*, 1–21. Retrieved from <http://www.co-operation.org/what-is-cooperative-learning>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Aprender Juntos y Solos: Aprendizaje Cooperativo, Competitivo e Individualista. *Aique*, 328.
- Johnson, R. ., & Johnson, E. (1998). *Cooperation in the Classroom. 7^o Edition*. International Book Company.
- Kagan, S. (2009). *Kagan Cooperative Learning* (Hawker Bro).
- Knippels, M. C. P. J., Severiens, S. E., & Klop, T. (2009). Education through fiction: Acquiring opinion-forming skills in the context of genomics. *International Journal of Science Education*, 31(15), 2057–2083. <http://doi.org/10.1080/09500690802345888>
- López, M., & Morcillo, J. G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 6(3), 562–576.
- Martínez, J. P., & Gómez, F. (2010). La técnica puzzle de Aronson: descripción y desarrollo. *25 Años de Integración Escolar En España: Tecnología e Inclusión En El Ámbito Educativo, Laboral y Comunitario.*, 1–6. Retrieved from <http://diversidad.murciaeduca.es/tecnoneet/2010/docs/jmartinez.pdf>
- Martínez, M. V., García, J., & Gil, M. J. (2005). ¿Cómo se enseña la genética en los libros

- de texto? *Aspectos Didácticos de Ciencias Naturales (Biología)*, 9, 49–72.
- Muela, F. J. (2014). *TESIS DOCTORAL GENÉTICA Y CINE . NATURALEZA Y ORIGEN*. Universidad de Jaén.
- Nicholson, S. (2016). The state of escape: escape room design and facilities. *Meaningful Play* 2016, 20. Retrieved from <http://scottnicholson.com/pubs/stateofescape.pdf>
- Nicholson, S. (2018). Creating Engaging Escape rooms for the Classroom. *Childhood Education*, 94(1), 44–49.
- Perales, F. (1992). Desarrollo cognitivo y modelo constructivista en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, (13), 173–189.
- Perales, F., & Cañal, P. (2000). El diseño de unidades didácticas. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 1(20), 239–269.
- Perales, F. J. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Ed. Marfil.
- Pontes Pedrajas, A. (2005). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 2(1), 2–18. http://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i1.02
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <http://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Ruiz, C., Banet, E., & Lopez, L. (2017). Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre herencia biológica: implicaciones para su enseñanza. *Revista Eureka*, 14(3), 550–569. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i3.04
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2009). Scientific literacy, PISA, and socioscientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 909–921. <http://doi.org/10.1002/tea.20327>
- Sánchez, C. C., & Delgado, F. J. H. (2013). Informe pisa en España. Un análisis al detalle. *Profesorado*, 17(2), 243–262.
- Solbes, J., & Torres, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, 0(26), 247–269. <http://doi.org/10.7203/dces.26.1928>
- Solbes, J., & Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la

- ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 19(1), 151–162.
- Solbes, J., & Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 22(3), 337–347.
- Soto, M. . (2011). La ventaja de conocer la TIC en la docencia y su influencia en el proceso enseñanza-aprendizaje. *Congreso Internacional EDUTEC. Mexico*.
- Tamargo, L. A. (2014). *El aprendizaje cooperativo en la ESO. Una estrategia metodológica activa e inclusiva*. Universidad de Oviedo.
- Travieso, J., & Planella Ribera, J. (2008). La alfabetización digital como factor de inclusión social: una mirada crítica. *UOC Papers: Revista Sobre La Sociedad Del Conocimiento*, (6), 7.
- Van Roy, R., & Zaman, B. (2017). Why Gamification Fails in Education - And How to Make it Successful Introducing. *Serious Games and Edutainment Applications: Volume II*, 2, 485–509. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5>



ANEXOS

7. ANEXOS

Anexo 1: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES SESIÓN 1

Anexo 1.1. Actividad 1. Cuestionario para conocer las ideas previas del alumnado de 4º de ESO sobre Genética.

	Alumno/a:		Nº:
	Curso: 4ºESO	Grupo:	Fecha:
	Cuestionario inicial		

1. Indica si tienen o no células:

	Si tiene	No tiene	No lo sé
Planta			
Animal			
Seta			
Corteza árbol			
Fémur			
Raíz			
Virus			

2. Señalan que organismos de los siguientes tienen ADN:

- ☐ Bacteria
- ☐ Hongo
- ☐ Ser humano
- ☐ Corales
- ☐ Higuera
- ☐ Naranjo
- ☐ Gato
- ☐ Virus

3. ¿Dónde se localiza el ADN en los siguientes organismos?

- ☐ Bacteria.....
- ☐ Hongo.....
- ☐ Ser humano.....
- ☐ Oliva.....
- ☐ Higuera.....
- ☐ Naranjo.....
- ☐ Gato.....

4. ¿Has oído alguna vez hablar de...?

Gen	Sí.....	No.....
Alelo	Sí.....	No.....
Cromosoma	Sí.....	No.....
ADN	Sí.....	No.....
Factor hereditario	Sí.....	No.....
Gametos	Sí.....	No.....

5. ¿Qué tipos de células tienen ADN?

6. Define qué es el ADN.

7. Define con tus palabras los siguientes conceptos.

- Gen:.....
- Mutación:.....
- Clonación:.....

8. ¿Dónde se encuentran los genes? ¿Y el ADN? ¿Y los cromosomas?. Haz un dibujo o esquema que lo demuestre.

9. ¿Qué células contienen genes?

- ☐ Espermatozoides
- ☐ Glóbulos rojos
- ☐ Bacterias
- ☐ Células del cerebro
- ☐ Células del corazón
- ☐ Óvulos
- ☐ Células musculares
- ☐ Células del hueso
- ☐ Células de las raíces
- ☐ Todas

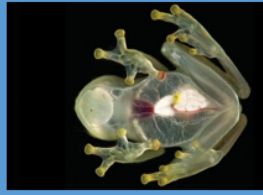
10. ¿Conoces alguna aplicación biotecnológica?. Cita alguna.

Nota: las preguntas de este cuestionario están recogidas y adaptadas de Caballero (2008) y Íñiguez y Puigcerver (2013).

Anexo 1.2 Actividad 2. Visualización de imágenes para introducir la Unidad Didáctica.



ANDi el mono fluorescente. ANDi fue, en el año 2000, el primer mono modificado genéticamente. Se le insertó un gen procedente de medusas y que produce fluorescencia. En realidad el gen insertado no poseía ninguna función específica, y la finalidad que se conseguía era ver que es posible la modificación genética de un animal tan complejo como un mono, el más parecido al ser humano.

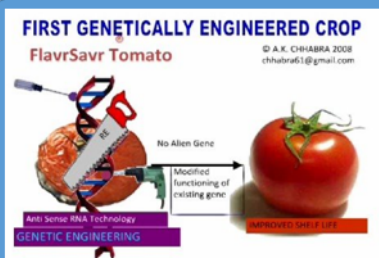


La rana transparente. En el año 2007, científicos japoneses crearon una rana transparente cuyos órganos podían verse desde fuera, sin necesidad de abrirla. Con ellos se podía observar el crecimiento de los órganos, la forma en la que un cáncer aparece y se desarrolla o cómo afectan determinadas toxinas o medicamentos a los órganos. El batracio transparente fue creado por medio de la manipulación genética, a partir de ejemplares albinos de ranas marrones japonesas.

¿Qué son los OGM?

Desde hace miles de años se han seleccionado animales y plantas mediante cruces selectivos para mejorar las características de determinadas especies. A comienzos del 1970, las técnicas de ingeniería genética abrieron un nuevo mundo de posibilidades para la selección artificial de especies. Mediante la manipulación de genes se puede añadir un nuevo segmento de ADN o modificar uno ya existente en el organismo, de forma que exprese el rasgo codificado por ese gen. Así, se consigue tener nuevas características en la especie que no existen de forma natural. Los organismos que reciben un gen que les aporta una nueva característica se denominan organismos genéticamente modificados (OMG) o transgénicos.

- ¿Qué es lo que representa la imagen del tomate?
- Describe lo que observas en la imagen de la rana transparente.
- Explica las diferencias entre el salmón real y el salmón transgénico.



En 1996, en California se crearon los tomates **Flavr Savr** que fueron los primeros alimentos transgénicos de la historia de la humanidad. Estos tomates transgénicos se diferencian de los normales (*Lycopersicon esculentum*) en la introducción de dos nuevos genes que los normales no tienen. Estos genes les proporcionaban mejores características organolépticas y una maduración más lenta para alargar su vida tras la recolección.



El primer salmón transgénico destinado a servir como comida en el mundo. A finales de 2015, la Administración de Alimentos y Medicamentos de EEUU (FDA) aprobó para consumo humano un salmón modificado genéticamente, bautizado como **AquAdvantage**. Es un salmón atlántico al que se ha añadido ADN de salmón real, una especie gigante del océano Pacífico. Gracias a esta manipulación genética, los peces producen más hormona del crecimiento y pueden alcanzar en año y medio la talla típica de los tres años, el tamaño que demanda el mercado.

- ¿Qué es lo que representa la imagen del tomate?
- Describe lo que observas en la imagen de la rana transparente.
- Explica las diferencias entre el salmón real y el salmón transgénico.

Nota: algunas de las imágenes y texto de esta actividad pertenecen al libro de texto de Biología y Geología de la editorial Santillana 4º ESO. Tema 8 La información y la manipulación genética.

Anexo 1.3. Actividad 3. Ficha histórica: la historia del descubrimiento del ADN

	Alumno/a:		Nº:
	Curso: 4ºESO	Grupo:	Fecha:
	La historia del descubrimiento del ADN		

Una mañana de marzo, dos jóvenes científicos, el físico Francis Crick y el biólogo James Watson, anunciaron que habían conseguido revelar la estructura del ADN. Este descubrimiento, que revolucionó el mundo de la biología, fue anunciado en 1953, pero había empezado unos años antes.

En 1951 Watson se instaló en Cambridge para compartir con Crick la aventura de determinar la estructura del ADN. En este momento, la única tecnología disponible para visualizar la estructura de grandes moléculas era la difracción de rayos X, que consistía en algo parecido a radiografiar una molécula.

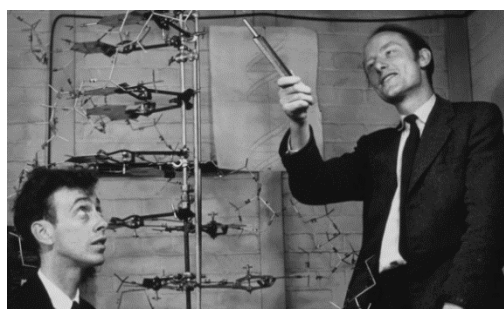
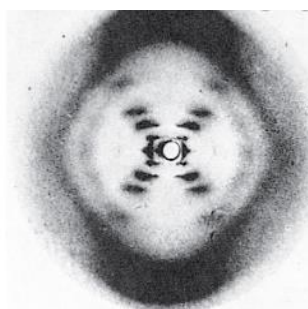
Paralelamente, la fisicoquímica Rosalind Franklin y el biofísico Maurice Wilkins realizaban estudios cristalográficos de difracción de rayos X sobre moléculas de ADN. En 1952 Rosalind Franklin obtuvo una fotografía de difracción de rayos X que reveló la estructura helicoidal de la molécula de ADN.

Wilkins, sin el consentimiento de Franklin, hizo llegar la fotografía a Watson y Crick. Para ellos la imagen constituyó un dato definitivo para determinar que la estructura del ADN correspondía a una doble hélice, y no triple como se pensaba.

Rosalind Franklin murió en 1958, a los 37 años de edad. Cuatro años después, Watson, Crick y Wilkins recibieron el premio Nobel de Fisiología y Medicina por sus aportaciones al descubrimiento de la estructura del ADN.

La inestimable aportación de Franklin a este descubrimiento nunca fue reconocida, pero poco a poco la historia comienza a valorar su labor.

Rosalind Franklin. Fotografía 51 de difracción de rayos X. Watson y Crick junto a su modelo de ADN.



Visualización de un vídeo que se titula: ““El efecto MATILDA – Grandes MUJERES en la CIENCIA” de S de Siensia” (<https://www.youtube.com/watch?v=sYxG4bCsC4I>).

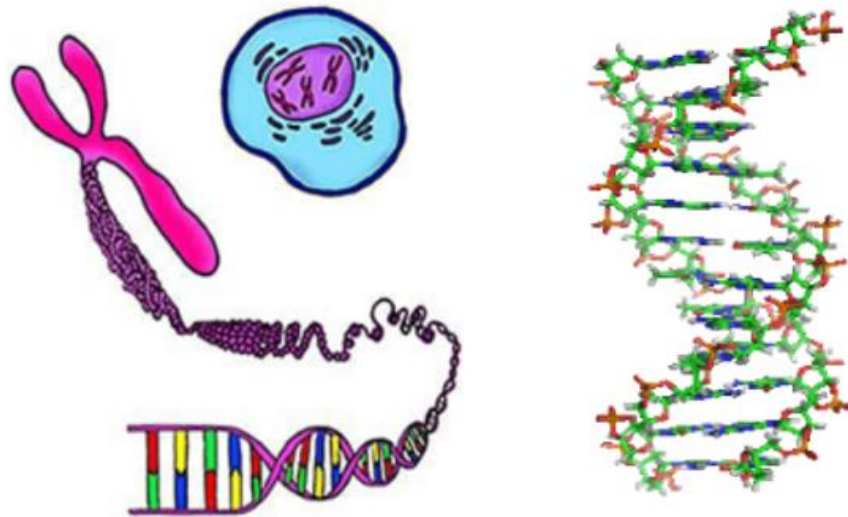
Contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿En qué lugar de las células eucariotas se encuentra el ADN?¿Y en las procariotas?
2. ¿Dónde se localizan los cromosomas? Haz un dibujo que lo muestre.
3. ¿Cómo se hereda la información genética?
4. ¿Dónde se aisló el ADN por primera vez? ¿Quién llevo a cabo su aislamiento anteriormente a los descubrimientos de Watson, Crick y Rosalind?
5. Busca información sobre Rosalind Franklin y completa sus aspectos biográficos.

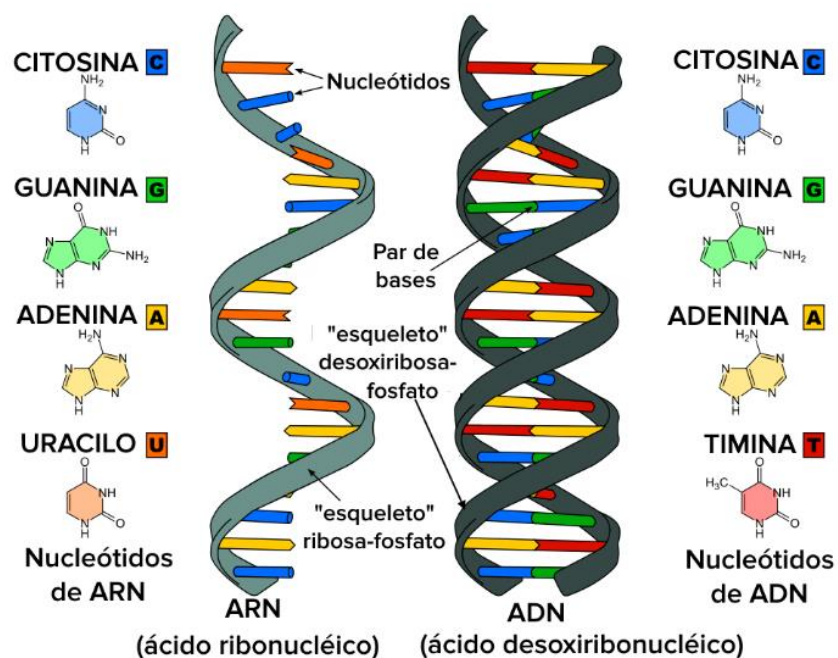
Anexo 2: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES SESIÓN 2

Anexo 2.1. Actividad 1. Introducción de contenidos: los ácidos nucleicos.

ÁCIDOS NUCLEICOS



¿Qué representa esta imagen?

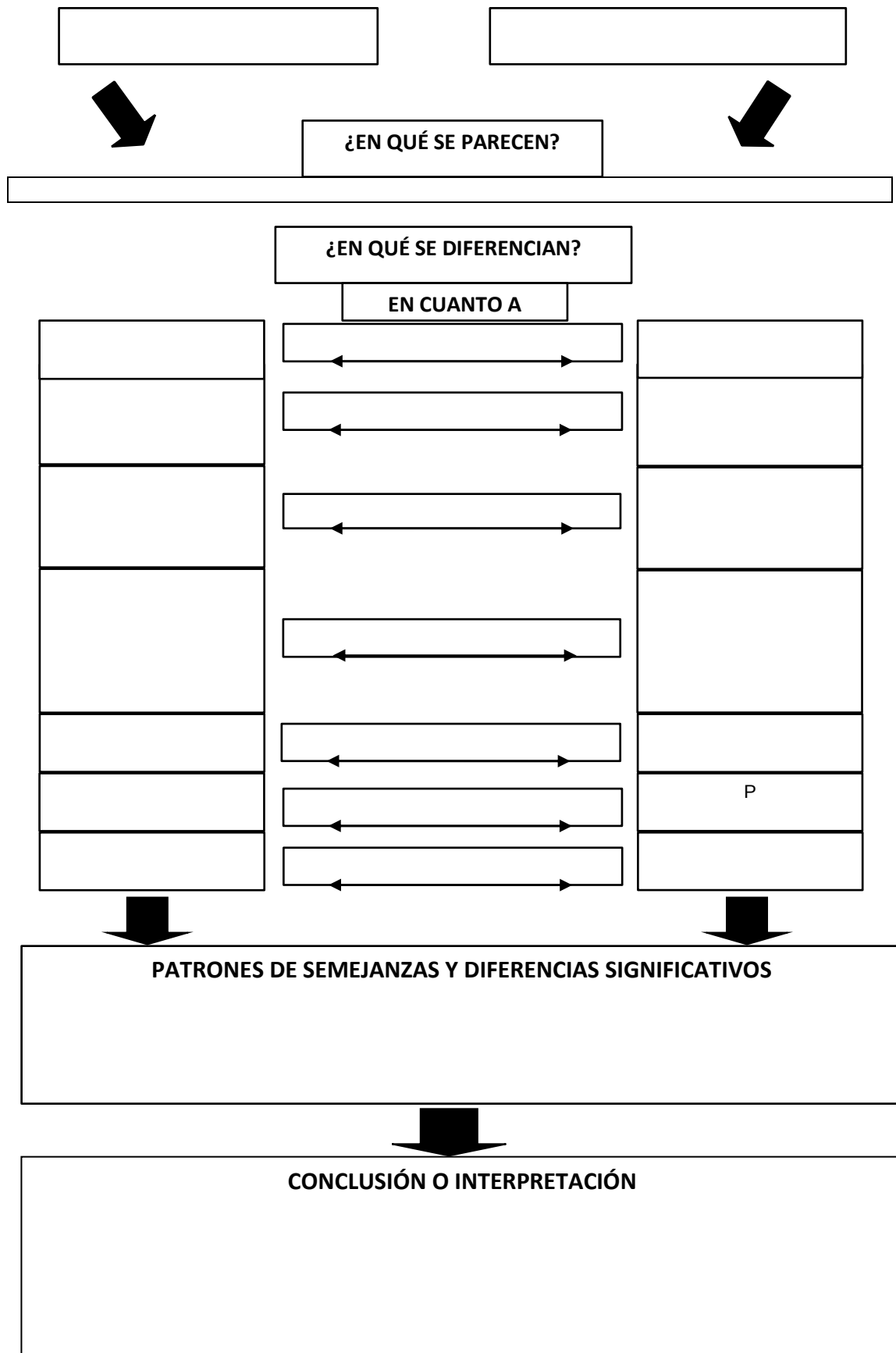


Anexo 2.2. Actividad 2. Organizador gráfico para la actividad Veo, Pienso, Me pregunto.

	Alumno/a:		Nº:
	Curso: 4ºESO	Grupo:	Fecha:
	Leo...Pienso...Me pregunto...		

LEO 	PIENSO 	ME PREGUNTO 

Anexo 2.3. Actividad 3. Organizador gráfico para la actividad compara y contrasta.
COMPARAR Y CONTRASTAR

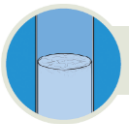


Anexo 3: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES SESIÓN 3

Anexo 3. Actividad 2 y 3. Informe de la práctica de extracción ADN de epitelio bucal.

	Alumno/a:		Nº:
	Curso: 4ºESO	Grupo:	Fecha:
	Práctica extracción ADN de epitelio bucal		

En el vídeo habéis podido ver una extracción de ADN llevada a cabo en el laboratorio, una técnica muy necesaria en muchas líneas de investigación. Por ejemplo, si los científicos deben estudiar las causas genéticas de una enfermedad, necesitarán extraer el ADN de las células de pacientes y personas sanas para poder compararlos. A continuación vais a explorar cómo hacer una extracción de ADN. Vais a diseñar vosotros mismos los pasos del protocolo, poniéndolos en orden en la siguiente tabla:

Número	a) Pasos del protocolo		Justificación
b)		Ver el ADN: hebras flotando en la superficie. Recoger las hebras con ayuda de la punta de una varilla .	
c)		Mezclar el jabón líquido y el agua para diluirlo al 25% en agua.	
d)		Añadir una cucharada de solución salina al 6% y mezclar.	
		Recolectar la muestra en el vaso . Depositar el agua embotellada en un vaso, enjuagar la boca durante 2-3 minutos y volver a depositar el líquido en el vaso.	
		Depositar la mezcla de células y agua en un tubo.	

		Mezclar la sal común y el agua para preparar la solución salina al 6% en agua.	
		Inclinar el tubo y añadir lentamente el alcohol 96° hasta la mitad del tubo. Esperar 1 minuto.	
		Añadir una cucharada de jabón diluido al 25% y mezclar.	
		Introducción la varilla con el ADN en un tubo nuevo y añadir unas gotas de alcohol para la conservación de la muestra.	

Ahora ya os podéis extraer vuestro ADN siguiendo el protocolo que habéis obtenido tras ordenar los pasos.

Preguntas a responder en el informe de la correspondiente a esta práctica.

1. ¿Qué tipo de células has utilizado en la actividad?
2. Has podido observar que la muestra de ADN que has obtenido tiene la forma de largas hebras blanquecinas. ¿Puedes sacar una conclusión de este hecho?
3. El detergente provoca rotura de las membranas celulares. ¿Qué otras macromoléculas es necesario que el lavavajillas desnaturalice para que el ADN se desenrolle?
4. ¿Crees que la muestra que has conseguido es pura o está mezclada con alguna otra molécula?
5. ¿En qué ámbitos se puede llevar a cabo una extracción de ADN?. ¿Qué aplicaciones puede tener?

Nota: esta actividad ha sido adaptada de la actividad 15 de Xplore Health contenida en el documento de trabajo para el alumnado de Biología de 4º ESO. La revolución biotecnológica.

Anexo 4: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES SESIÓN 4

Anexo 4. Actividad 4. Kahoot de repaso.

1. Cada fragmento de ADN que contiene la información genética para un determinado carácter es:



☐ Una proteína	☐ Un aminoácido
☐ Un gen	☐ Una enzima

2. Cada gen contiene la información para la síntesis de:



☐ Una proteína	☐ Un aminoácido
☐ Un gen	☐ Una enzima

3. El ácido desoxirribonucleico tiene como pentosa:



☐ La ribosa	☐ La timina
☐ La desoxirribosa	☐ El uracilo

4. El ácido ribonucleico tiene como pentosa



☐ La ribosa	☐ La timina
☐ La desoxirribosa	☐ El uracilo

5. Las bases nitrogenadas que constituyen el ADN son:



☐ Adenina, timina, citosina, guanina	☐ Adenina, timina, ribosa, guanina
☐ Adenina, timina, citosina, uracilo	☐ Adenina, pentosa, citosina, uracilo

6. El proceso por el cual cada cadena de ADN hace una copia de sí misma con el fin de poder transmitirla a las células hijas recibe el nombre de:



- | | |
|--|------------------------------------|
| ☒ Replicación | ☐ Traducción |
| ☐ Transcripción | ☐ Transgénesis |

7. El proceso de replicación es semiconservativo porque:



- | | |
|---|---|
| ☒ Solo una de las dos cadenas de ADN sirve de molde para la formación de una nueva cadena complementaria | ☐ Ninguna de las dos cadenas de ADN sirven de molde |
| ☐ Las dos cadenas de ADN sirven de molde para la formación de una nueva cadena complementaria | ☐ Las cadenas de ADN no se replican |

8. Durante la replicación la cadena inicial comienza por ATTAACGTTA. ¿Cuál será la cadena copia?



- | | |
|---|----------------------------------|
| ☒ TAATTGCAAT | ☐ ATTAACGTTA |
| ☐ CGGCCGCAAC | ☐ UAAUUGCAAU |

9. El paso de ADN a ARNm se conoce como proceso de:



▲ Replicación	◆ Traducción
● Transcripción	■ Transgénesis

10. El paso de ARNm a proteína se conoce como proceso de:



▲ Replicación	◆ Traducción
● Transcripción	■ Transgénesis

Anexo 5: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES SESIÓN 5

Anexo 5. Actividad 3. Sudoku transcripción-traducción.

	Alumno/a:		Nº:
	Curso: 4ºESO	Grupo:	Fecha:
	Sudoku transcripción-traducción		

Sudoku

Completa este Sudoku rellenando los huecos de cada triplete de bases nitrogenadas. La secuencia de aminoácidos se encuentra en la parte inferior en la que también tendrás que hallar el nombre del aminoácido que falta. Para completar este Sudoku necesitaras el código genético que podrás obtener fabricando el dodecaedro y siguiendo las instrucciones que aparecen a continuación.

DNA 5'		→		3'
---	--C	GAT	---	---
DNA 3'		→		5'
---	---	---	---	---
ARNm 5'		→		3'
---	---	---	C_G	--C
Anticodón				
---	---	---	---	---
Aminoácidos				
Met	His		Arg	Tvr

Nota: la actividad del Sudoku se encuentra recogida en el siguiente vídeo de ENEKORMSI. *Cómo resolver ejercicio Sudoku Transcripción-Traducción* [Archivo de vídeo].

Recuperado de
<https://www.youtube.com/watch?v=1XK4p88QHHs&feature=youtu.be> (última consulta: 07/07/2020).

Construcción del dodecaedro

Es muy sencillo e intuitivo. Sabiendo el triplete a traducir, se busca en el dodecaedro el vértice donde coinciden dichas bases nitrogenadas y se siguen las instrucciones que se resumen a continuación:

Si el triplete que se quiere traducir es, por ejemplo, **AAC**:

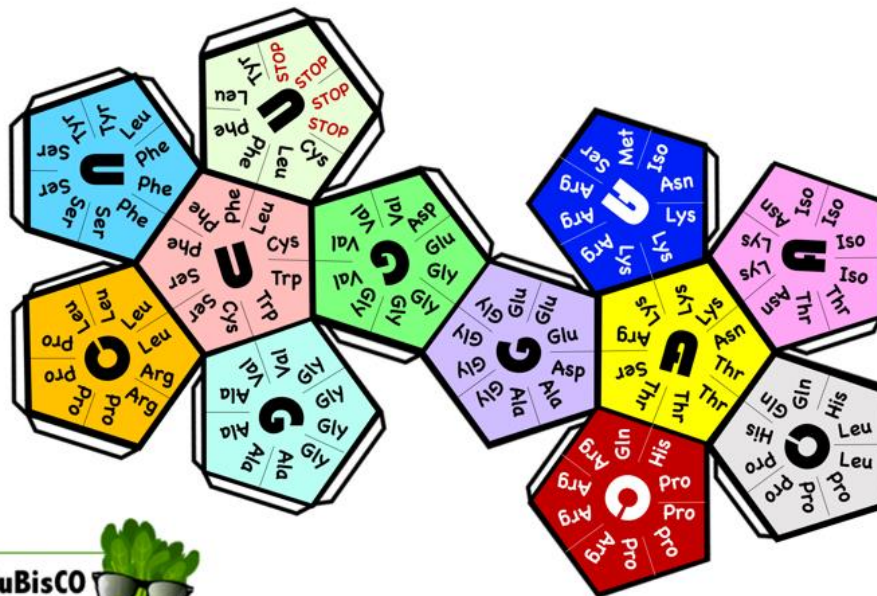
1. **Buscas el vértice** donde aparecen esas 3 bases nitrogenadas (A, A y otra C).
2. **Te sitúas en la 1ª base** del triplete (sería la A) y **miras al lado que toca con la 2ª base** del triplete (sería la otra A).
3. **Se presentan siempre 2 posibilidades** (en este caso Lys | Asn). **El aminoácido buscado será el más cercano a la 3ª base** (en este caso C, con lo cual es **Asn**).

* Así, siguiendo en el pentágono amarillo, si buscáramos **ACA** o **ACC** en ambos casos tendríamos **Thr**.

En cambio, situándonos ahora en el pentágono blanco o el granate, **CCA** nos saldría siempre **Pro**. Fácil, ¿no?



El Código Genético en un Dodecaedro



Anexo 6: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES SESIÓN 7

La decisión sobre los transgénicos (Proyecto ENGAGE)



La decisión sobre los transgénicos



Más en visit EngagingScience.eu



Di **no** a los transgénicos

modificado genéticamente
CORN FLAKES
OGM OGM
¡No probado!
¡No seguro!

Actividad inicial Tarea principal Sesión plenaria

2

Un cambio en la normativa de la UE pretende que se puedan introducir nuevos cultivos con transgénicos en Europa, tan pronto como el año próximo.

Los **alimentos** transgénicos podrían estar pronto en las estanterías de nuestros supermercados.

¿Comprarás cereal transgénico?

3

Actividad inicial

Tarea principal

Sesión plenaria

NOTICIAS SOBRE VARIOS 11 DE MARZO DE 2016 / 6:52 PM / ACTUALIZADO HACE 6 AÑOS

La UE abre la mano a los cultivos modificados genéticamente

By Barbara Lewis

8 MIN. DE LECTURA

f w

BRUSELAS (Reuters) - Los políticos de la UE firmaron el miércoles una nueva ley sobre los cultivos modificados genéticamente en la Unión Europea, que allana el camino para que se aprueben nuevas semillas transgénicas tras años de estancamiento.

La UE da luz verde a 10 nuevos transgénicos para alimentos y piensos

La Comisión Europea aprueba 10 nuevas autorizaciones y permite que más de 100 tipos de plantas registradas del TPP sean OGM.

Las autorizaciones tienen una validez de 10 años y se añadirán a la lista de 58 OGM ya autorizados en la UE para uso alimentario o como pienso, que incluyen **maíz, algodón, soja, colza o remolacha azucarera**.

Las nuevas autorizaciones

Las diez nuevas autorizaciones afectan al **maíz** MON 87460; la **soja** MON 87705, MON 87708, MON 87769, 305423 y BPS-CV127-9; la **colza** MON 88302, y el **algodón** T304-40, MON 88913 y LLCotton25xGHB614.

BIOLOGÍA

109 premios Nobel se pronuncian a favor de transgénicos

También acusan a Greenpeace de tergiversar los riesgos, beneficios e impacto de los transgénicos además de apoyar la destrucción de ensayos de campo.

01 de julio del 2016 - 12:55 AM

Redacción

Síguenos en Google News



Los expertos, premiados en disciplinas como Medicina, Química, Física y Economía, instan a Greenpeace a "revaluar la experiencia de agricultores y consumidores en todo el mundo con cultivos y alimentos mejorados mediante

4

Greenpeace se manifiesta nuevamente contra los transgénicos

9 mayo 2015



España es el único país de la Unión Europea que cultiva transgénicos a gran escala a pesar de que **no se consiguen mejores producciones**, sino que contribuyen a acentuar las desigualdades sociales y los modelos de agricultura industrial, contaminante e insostenible. Greenpeace denuncia, además, que en España los cultivos se realizan con una absoluta falta de transparencia y control por parte de las autoridades que no evalúan los riesgos exigen a las empresas que respeten las leyes vigentes –a pesar de que la normativa europea, como la Directiva 2001/18/CE, prevé la creación de registros de los campos existentes– y la contaminación a otros cultivos no transgénicos está a la orden del día si que las administraciones hagan nada para evitarlo.

No es la primera manifestación

En 2009, se cultivaron en nuestro país más de 76.000 hectáreas del **maíz transgénico MON 810**, el mismo que ha sido vetado por países de nuestro entorno como Francia, Alemania, Austria, Grecia, Luxemburgo, Irlanda, Polonia, Hungría o Italia. Cabe destacar que el año pasado España albergó la mitad de los ensayos experimentales al aire libre con estos peligrosos cultivos. Además, varios países, entre los que no se encuentra España, ya han anunciado que no permitirán el cultivo de la **patata transgénica Amflora**, aprobada a través de un procedimiento antidemocrático por la Comisión Europea.



Científicos y sociedad civil, contra los transgénicos

Amigos de la Tierra, COAG, Ecologistas en Acción y Greenpeace, con la colaboración de Científicos por el Medio Ambiente (CCMA) e investigadores, han presentado la Declaración de personalidades y organizaciones de la sociedad civil sobre las aplicaciones de la biotecnología en la modificación genética de plantas.

Más de 300 investigadores y representantes de la sociedad civil firman en contra de los transgénicos

Ecologistas, agricultores y científicos corroboran las amenazas de los organismos modificados genéticamente para la salud y el medio ambiente

Amigos de la Tierra, COAG, Ecologistas en Acción y Greenpeace, con la colaboración de Científicos por el Medio Ambiente (CCMA) e investigadores, han presentado la Declaración de personalidades y organizaciones de la sociedad civil sobre las aplicaciones de la biotecnología en la modificación genética de plantas, ante la amenaza que representan para la agricultura y la sostenibilidad, democracia, precaución y medio ambiente. Este documento cuenta con el apoyo de una gran representación de la sociedad civil, que incluye a Comisiones Obreras, investigadores, docentes universitarios, organizaciones profesionales agrarias, asociaciones ecologistas, de consumidores, de productores de agricultura ecológica, ONG de desarrollo y entidades privadas entre otras.

Frente a las promesas de la industria de los transgénicos, esta Declaración denuncia los peligros e impactos de su introducción en el medio ambiente y en nuestros platos. El amplio apoyo social evidencia que los transgénicos son una cuestión que afecta al conjunto de la sociedad. La clase científica es una parte importante del debate y la sociedad en su conjunto es además quien debe tomar las decisiones que afectan a la agricultura, la alimentación, las aplicaciones de los transgénicos y el derecho a producir y consumir en libertad.

Es un momento clave en el debate sobre los transgénicos. Mientras Francia se suma a los países de la UE que prohíben el cultivo de maíz transgénico, basándose en una serie de informes científicos que alertan sobre los impactos ambientales sobre la flora y la fauna y las incertidumbres sanitarias, España sigue siendo el principal productor de maíz transgénico, con más de 75.000 hectáreas cultivadas en 2007.

Los elementos científicos que han originado la decisión del Gobierno gallo muestran una serie de consecuencias de los maíces tipo Bt (entre ellos el que se cultiva en España, el MON 810) sobre el medio ambiente y la salud, como la posibilidad de evitar la contaminación a otros agricultores, la generación de resistencias en plagas y los efectos tóxicos sobre varios tipos de organismos presentes en los ecosistemas, el cambio en la caracterización molecular (el que se comercializa no es el que se aprobó en 1996, ha variado, y por lo tanto muchos efectos sobre el medio ambiente se desconocen), los impactos sobre los polinizadores, la toxicidad a largo plazo sobre seres humanos, la resistencia de las toxinas producidas, etc.

Recientemente en Bruselas, el Comisario Europeo de Medio Ambiente Stavros Dimas ha propuesto la prohibición de los maíces transgénicos por los riesgos que suponen para el medio ambiente, basándose en las evidencias de los "potenciales daños ambientales". Ya durante la disputa comercial con Estados Unidos ante la Organización Mundial del Comercio (OMC) sobre productos transgénicos, la propia UE argumentó que los cultivos Bt no deberían ser hoy por hoy cultivados por la falta de conocimientos sobre sus impactos ambientales en el largo plazo.

Las organizaciones promotoras de esta Declaración esperan que sirva para impulsar un debate fundamental como es el de la introducción de los transgénicos, que el Gobierno tome nota de la abrumadora oposición social frente a su imposición en la agricultura y la alimentación y que el Ministerio de Agricultura reconsidere su apuesta transgénica y oriente la agricultura española hacia soluciones ambiental y socialmente sostenibles.

5



En esta actividad,

Tomarás una decisión acerca de los cultivos y alimentos transgénicos, es decir, alimentos que contienen organismos genéticamente modificados (OGM) usando:

Genes: describir qué es la modificación genética

La ciencia en la sociedad :

evaluar los riesgos para la salud, para el medio ambiente y el impacto económico de los cultivos transgénicos.



Gran idea



Trabajar de forma científica

6



Cómo se modifica genéticamente el maíz

Un cultivo transgénico contiene un gen de otro organismo.

ADN bacteriano



gen de una proteína que es tóxica para las orugas

se corta el gen



ADN de la planta de maíz



La planta de maíz produce una proteína tóxica

y se inserta en el ADN de la planta de maíz

¿Por qué tiene el agricultor que usar menos pesticidas?



7

Actividad inicial

Tarea principal

Sesión plenaria



¿Qué cereal escogerás?

FA1-4



Evalúa los problemas de salud, mediambientales y económicos



Coloca la parte central del puzzle de cereal sin OGM en la mesa.

- Lee con tu grupo la información sobre los alimentos sin OGM en orden (de A a G)
- **Después de cada afirmación, discute:** ¿Apoya esta afirmación la declaración de que el cereal sin OGM es un riesgo para tu salud o para el medio ambiente?
- Si la apoya, añade una pieza al puzzle de cereal sin OGM.
- Si la rebate (desmiente), quita una pieza al puzzle.
- Si la afirmación no apoya ni rebate la declaración, no cambies el puzzle.
- Repite con todas las afirmaciones de los alimentos con OGM y construye el puzzle de cereal con OGM.
- Compara el tamaño de los puzzles – ¿cuál es un riesgo mayor – el cereal con OGM o el cereal sin OGM?

8

Actividad inicial

Tarea principal

Sesión plenaria



Trabaja de forma individual.

Enuncia qué cereal escogerías.

Explica cómo has tomado esta decisión. Debes mencionar los riesgos desde el punto de vista de la salud, medio ambiente o impacto económico y la evidencia que los apoya o los rebate.

9

Actividad inicial

Tarea principal

Sesión plenaria

Fichas del alumno



La decisión sobre los transgénicos

Nº de ficha	Título	Notas
FA1	Evidencia acerca de los alimentos sin OGM	Reutilizable, una por grupo.
FA2	Evidencia acerca de los alimentos con OGM	Reutilizable, una por grupo.
FA3	Puzle de cereal con OGM	Reutilizable. Copiarla en una cartulina y cortarla en piezas. Una por grupo.
FA4	Puzle de cereal sin OGM	Reutilizable. Copiarla en una cartulina y cortarla en piezas. Una por grupo.



Más en visit EngagingScience.eu



Evidencia acerca de los alimentos sin OGM

A El maíz sin OGM se trata con muchos pesticidas químicos. Estos son **tóxicos para los insectos** que se alimentan del maíz.

B Los cultivos no modificados son poco productivos y no satisfacen las necesidades de la creciente población mundial.

C Casi un tercio de los alimentos y bebidas sin OGM testados en 2005 por los científicos del gobierno del RU contenían trazas de pesticidas y en un 1.7% de los casos **excedían los límites legales máximos**.

D Las técnicas convencionales de cruce de plantas no son peligrosas para la salud y el medio ambiente.

E Los efectos de los pesticidas sobre la salud dependen de cómo sean de tóxicos y cuánta cantidad se consuma. Hay **estrictos límites legales** acerca de los tipos y las cantidades de pesticidas que se pueden usar en los cultivos.

F Las pruebas realizadas en una marca de cereal para el desayuno sin OGM en EE.UU. revelaron que contenía la **neurotoxina** fosmet y el **carcinógeno** (sustancia química que produce cáncer) captán. Sin embargo, no se reveló cuánta cantidad de los mismos había en el cereal.

G El **costo de producción de soja no transgénica es superior** al costo de producción de su equivalente modificada genéticamente.

Evidencia acerca de los alimentos con OGM

A Los científicos han desarrollado algunos cultivos transgénicos con **beneficios para la salud**, tales como el arroz amarillo que contiene vitamina A.

B El único ensayo publicado de alimentos con OGM en **humanos** se llevó a cabo por unos científicos en 2004. Descubrieron que unos trocitos de ADN se habían transferido de los alimentos con OGM a las bacterias que viven en los intestinos de algunas personas.

C Como el maíz transgénico produce su propio pesticida, el agricultor usa **cantidades menores de pesticidas** para matar a los insectos que se comen el maíz. Esto hace que el cereal con OGM sea más barato que el cereal sin OGM.

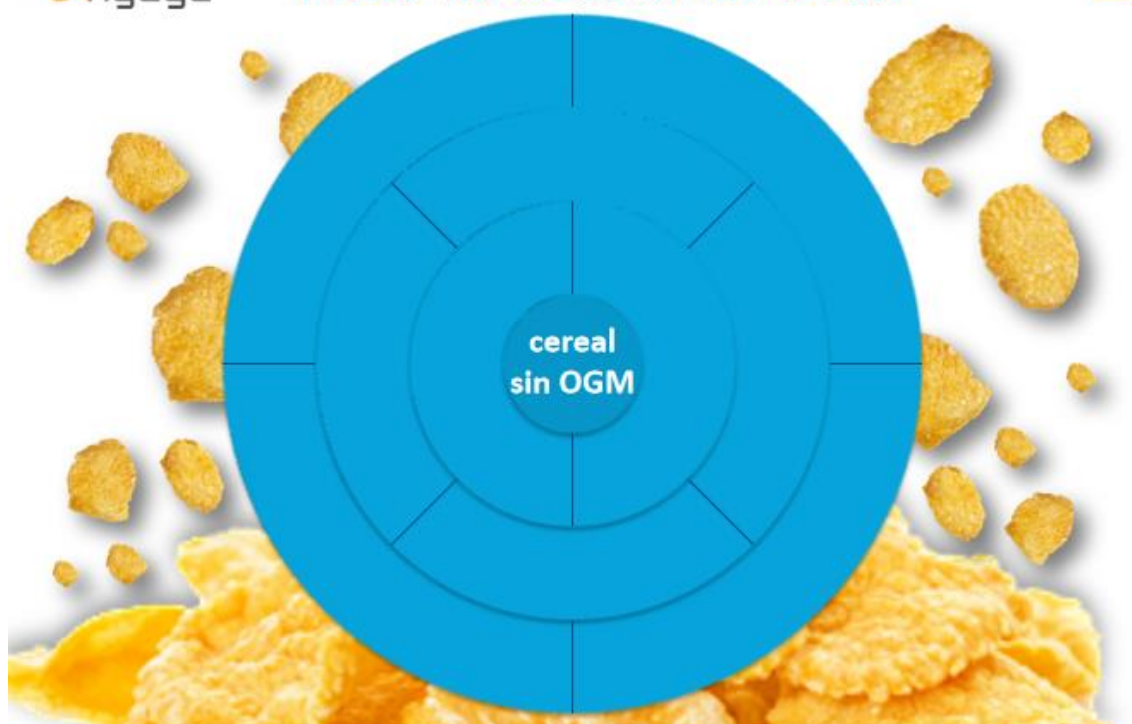
D En un estudio realizado por una empresa que produce maíz transgénico, se demostró que las **ratas** alimentadas con dicho maíz mostraron signos de **efectos tóxicos** en el hígado y los riñones.

E La toxina extraída de la bacteria producida por el maíz transgénico está disponible como pesticida desde los años 1960s. Estos productos tienen un **informe de seguridad excelente** y no son **dañosos para la salud humana**.

F El uso de transgénicos **no reduce la diversidad ni vegetal ni de insectos** en los campos donde se plantan e incluso a veces la aumentan.

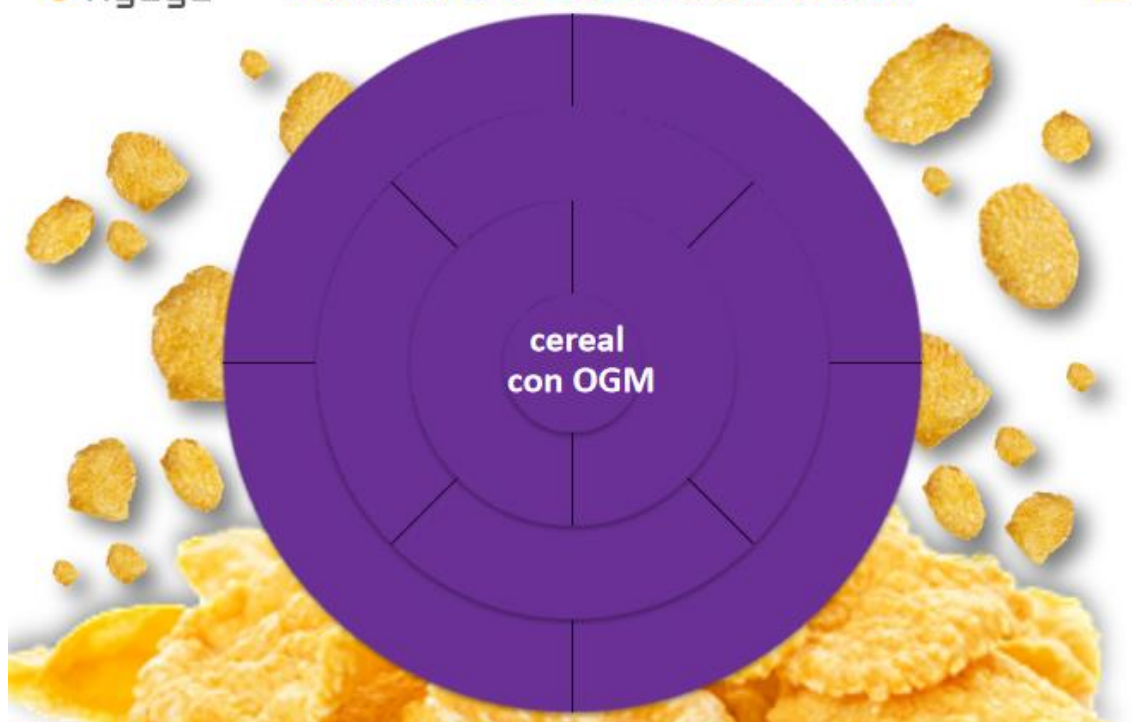
G El maíz transgénico se ha **decretado seguro** por la EFSA, que es la agencia de seguridad alimentaria de la UE.

Puzle de cereal sin OGM



Fichas del alumno

Puzle de cereal con OGM



Fichas del alumno



Haga que sus alumnos conversen y piensen



Equipando a la futura generación para su participación activa en la Ciencia



Más en visit EngagingScience.eu



Nota: Para la elaboración de las diapositivas de esta sesión se ha utilizado como base el material original de uso libre ENGAGE publicado por el proyecto ENGAGE de la Comisión Europea (<https://www.engagingscience.eu/es/2015/03/26/decision-sobre-los-transgenicos/>).

Anexo 7: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES SESIÓN 8

Anexo 7. Actividad 4. Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los derechos Humanos. La dignidad humana y el genoma humano.

	Alumno/a:		Nº:
	Curso: 4ºESO	Grupo:	Fecha:
	La dignidad humana y el genoma humano		

Artículo 1. El genoma humano es la base de la unidad fundamental de todos los miembros de la familia humana y del reconocimiento de su dignidad intrínseca y su diversidad. En sentido simbólico, el genoma humano es el patrimonio de la humanidad.

Artículo 2.

- a) Cada individuo tiene respeto de su dignidad y derechos, cualesquiera que sean sus características genéticas.
- b) Esta dignidad impone que no se reduzca a los individuos a sus características genéticas y a que se respete el carácter público de cada uno y su diversidad.

Artículo 3. El genoma humano, por naturaleza evolutiva, está sometido a mutaciones. Entraña posibilidades que se expresan de distintos modos en función del entorno natural y social de cada persona, que comprende su estado de salud individual, sus condiciones de vida, su alimentación y su educación.

Artículo 4. El genoma humano en su estado natural no puede dar lugar a beneficios pecuniarios. [...]

Unesco 17 de noviembre de 1997

- ✚ ¿Qué es la Unesco?
- ✚ ¿Por qué es tan importante el Genoma Humano?
- ✚ ¿Por qué la Unesco lo declaró Patrimonio de la Humanidad?
- ✚ Explica con tus palabras los cuatro artículos que se enuncian en el texto.
- ✚ ¿Crees que se puede discriminar a las personas por razones genéticas? Piensa en algún ejemplo y explica tus razones
- ✚ Esta declaración consta de 25 artículos. Busca en la web de la Unesco, elige uno y explícaselo a tus compañeros.

Anexo 8: DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES SESIÓN 10

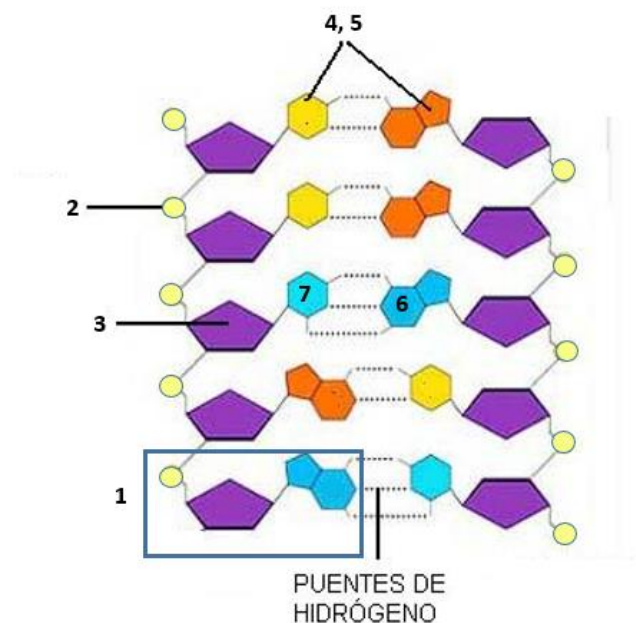
Anexo 8 Prueba final escrita.

	Alumno/a:					Nº:	
	Curso: 4ºESO	Grupo:	Fecha:				
	Prueba escrita Unidad "Información y manipulación genética"						
	Observaciones:						
Calificación de los criterios	C5	C6	C7	C8	C12	C14	C13

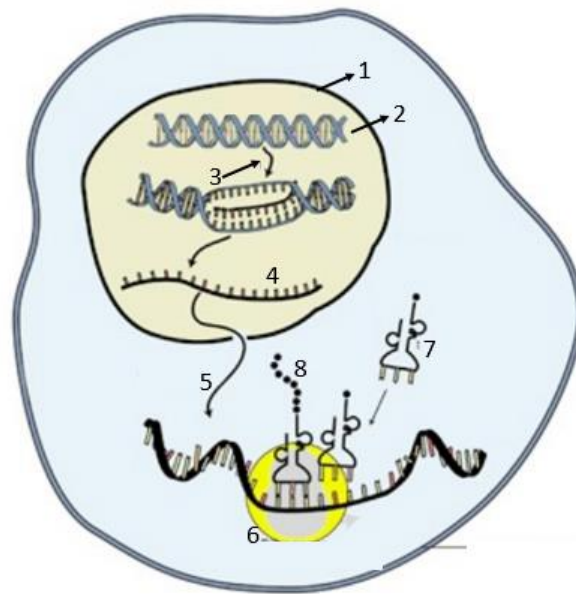
1. Escribe oraciones relacionando los términos de las dos columnas (C5).

Timina	Base nitrogenada
Ribosa	Pentosa exclusiva del ARN
Uracilo	Exclusiva del ADN
Desoxirribosa	Exclusiva del ARN
Adenina	Azúcar exclusivo del ADN
	Glúcido de 5 átomos de carbono

2. Observa la imagen y contesta (C5 y C6):



- a) ¿Qué tipo de molécula es? Razona la respuesta.
 - b) Indica que corresponde cada número.
 - c) ¿Cómo son las dos hebras entre sí?
 - d) ¿Qué significa que la replicación del ADN es semiconservativa?
 - e) ¿Qué relación tiene dicha molécula con los genes y el genoma?
3. En la imagen están indicados con número las moléculas, orgánulos y procesos que tienen lugar durante la expresión de la información genética. Indica a qué corresponde cada uno (C7).



4. Explica que es un codón y qué relación tiene este concepto con el código genético (C7).
5. Haz un esquema de los diferentes tipos de mutaciones (C8).
6. ¿Qué se entiende por biotecnología? (C12).
7. Define cada uno de los siguientes conceptos y nombra la técnica de ingeniería genética con la que están relacionados cada uno de ellos: enzima de restricción, ADN ligasa, vector de transferencia y organismo transgénico (C12).
8. Algunas enfermedades empieza a ser tratadas con terapia génica. ¿En qué consiste dicha técnica? (C13)
9. De un ADN bicatenario conocemos su porcentaje de guanina (G) que es 35%. ¿Cuáles serán los porcentajes de citosina (C), adenina (A) y timina (T)? (C5).

10. Mediante ingeniería genética un grupo de científicos ha logrado obtener plantas transgénicas que brillan en la oscuridad. Para ello han insertado en dicha planta un gen que produce luciferasa, una proteína de las luciérnagas. ¿Qué pasos han seguido en la obtención de dichas plantas transgénicas? (C14).

Cuestionario de satisfacción

1. En total desacuerdo.
2. En desacuerdo.
3. Indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo).
4. De acuerdo.
5. Totalmente de acuerdo.

Sobre la unidad didáctica	Puntuación
Los temas tratados en esta unidad me han parecido interesantes.	1 2 3 4 5
Los materiales utilizados me han ayudado a entender mejor el tema.	1 2 3 4 5
Hacer actividades en grupo me ha ayudado a entender mejor el tema.	1 2 3 4 5
Gracias a los videos vistos he comprendido mejor la transcripción y traducción del ADN.	1 2 3 4 5
Realizar debates me ha ayudado a tener un pensamiento crítico sobre ciencia.	1 2 3 4 5
Este método de enseñanza me parece mejor que el método tradicional: libros de texto exclusivamente.	1 2 3 4 5

Anexo 9: rúbricas

Anexo 9.1. Rúbrica de evaluación de cuaderno de clase y cuaderno de prácticas

Criterio	Muy Bien (7-10)	Bien (5-7)	Regular (3-5)	Deficiente (0-3)	Ptos.
<i>Presentación: se valoran aspectos como la limpieza, expresión escrita, y ortografía. Valoración 25%</i>					
Presentación	El cuaderno del alumno presenta una muy correcta presentación en cuanto a limpieza, y claridad.	El cuaderno del alumno presenta una correcta presentación en cuanto a limpieza, y claridad.	El cuaderno del alumno presenta una presentación poca correcta en cuanto a limpieza, y claridad.	El cuaderno del alumno presenta una incorrecta presentación en cuanto a limpieza, y claridad.	
<i>Contenido: se valoran aspectos como la capacidad de recoger información, capacidad de reflexión, y actividades realizadas. Valoración 25%</i>					
Contenido	El cuaderno presenta todo el contenido aprendido en clase, con notas con palabras del maestro, todos los ejercicios y las tareas.	El cuaderno casi siempre presenta todo el contenido aprendido en clase, con notas con palabras del maestro, todos los ejercicios y las tareas.	En el cuaderno falta mucha información del contenido aprendido en clase, con notas con palabras del maestro, todos los ejercicios y las tareas.	En el cuaderno hay muy poca información del contenido aprendido en clase, con notas con palabras del maestro, todos los ejercicios y las tareas.	
<i>Errores: se valoran aspectos como la corrección de los errores y la no repetición de los mismos. Valoración 25%</i>					
Errores	Los errores están bien señalados y corregidos. No suele volver a repetirlos	Los errores están señalados y corregidos. Pocas veces se vuelven a repetir.	A veces se señalan y corrigen los errores pero se suelen volver a repetir.	No se señalan o corrigen los errores y vuelve a cometerlos una y otra vez.	
<i>Organización: se valora el orden, el hábito de trabajo y el grado de actualización. Valoración 25%</i>					
Organización	La información está organizada de manera temporal, y está actualizado.	Hay algunas partes que están desordenadas, y está bastante actualizado.	Hay varias partes que están desordenadas, y está poco actualizado.	El cuaderno está totalmente desordenado y no está actualizado.	

Fuente: Programación de departamento de la asignatura de Biología y Geología 4º ESO curso 2019-2020 IES Mata Jove

Anexo 9.2. Rúbrica para la evaluación de la prueba escrita

Criterio	Muy Bien (7-10)	Bien (5-7)	Regular (3-5)	Deficiente (0-3)
Precisión en las respuestas	Todas las respuestas desarrollan el tema con claridad, precisión y concisión.	Casi todas las respuestas desarrollan el tema con claridad, precisión y concisión.	La mayoría de las respuestas no desarrollan el tema con claridad, precisión y concisión.	Pocas respuestas desarrollan el tema con claridad, precisión y concisión.
Presentación	Todas las respuestas están presentadas con limpieza y pulcritud.	Casi todas las respuestas están presentadas con limpieza y pulcritud.	La mayoría de las respuestas no están presentadas con limpieza y pulcritud.	Pocas respuestas están presentadas con limpieza y pulcritud.
Número de preguntas respondidas	Todas las preguntas están respondidas.	Respondió por lo menos el 90 % de las preguntas.	Respondió por lo menos el 70 % de las preguntas.	Respondió un porcentaje menor del 70 % de las preguntas.
Gramática y ortografía	No hay errores gramaticales, ortográficos o de puntuación y el texto se lee con fluidez.	Casi no hay errores gramaticales, ortográficos o de puntuación y el texto se lee con fluidez.	Existen tres errores gramaticales, ortográficos o de puntuación, y el texto se entiende con dificultad.	Existen más de tres errores gramaticales, ortográficos o de puntuación, y el texto no se entiende.

Fuente: Programación de departamento de la asignatura de Biología y Geología 4º ESO curso 2019-2020 IES Mata Jove

Anexo 9.3. Rúbrica para evaluar los contenidos de la UDI

CRITERIOS EVALUACIÓN		DEFICIENTE (0-3)	REGULAR (3-5)	BIEN (5-7)	MUY BIEN (7-10)
BLOQUE 1	5. Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función. CMCT.	No es capaz de describir la función ni la composición química y estructura de ADN y ARN.	Describe la función, la composición química y la estructura del ADN y el ARN. Lo hace de forma adecuada, ofreciendo información reformulada.	Describe la función, la composición química y la estructura del ADN y el ARN. Lo hace de forma precisa, ofreciendo información reformulada, reestructurada y cohesionada, expresando relaciones entre sus conocimientos previos y los adquiridos.	Describe la función, la composición química y la estructura del ADN y el ARN. Lo hace de forma autónoma y precisa, ofreciendo información reformulada, reestructurada y cohesionada, expresando relaciones entre sus conocimientos previos y los adquiridos, e incorporando información consultada en otras fuentes.
	6. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética. CMCT.	No es capaz de describir el mecanismo de la replicación ni expresa la relación entre gen, proteína y car	Describe el mecanismo de la replicación. Expresa relaciones adecuadas entre el gen, la proteína y el carácter.	Describe el mecanismo de la replicación. Expresa relaciones adecuadas y precisas entre el gen, la proteína y el carácter. Realiza inferencias y relaciona la información que obtiene con sus conocimientos; amplía sus respuestas con precisión y orden.	Describe el mecanismo de la replicación. Expresa relaciones adecuadas y precisas entre el gen, la proteína y el carácter. Realiza inferencias y relaciona la información que obtiene con sus conocimientos y aorta reflexiones y conclusiones propias mostrando un profundo análisis de los contenidos.
	7. Comprender cómo se expresa la información	No es capaz de describir el proceso de transcripción y traducción del ADN y no explica el manejo del código genético.	Describe el proceso de transcripción y traducción del ADN y explica el manejo del código genético.	Describe el proceso de transcripción y traducción del ADN y explica el manejo del código genético. Realiza inferencias y aporta deducciones	Describe el proceso de transcripción y traducción del ADN y explica el manejo del código genético. Realiza

	genética, utilizando el código genético. CMCT			apropiadas respondiendo a las cuestiones con precisión y eficacia.	inferencias y aporta deducciones apropiadas respondiendo a las cuestiones con precisión y eficacia. Se plantea problemas sencillos relacionados con el código genético y los expone y concluye de manera autónoma.
	8. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución. CMCT.	No define el concepto de mutación y clasifica las mutaciones.	Define el concepto de mutación y clasifica las mutaciones en función de diferentes los criterios.	Define el concepto de mutación y clasifica las mutaciones en función de diferentes los criterios. Lo hace de forma precisa, ofreciendo información reformulada, reestructurada y cohesionada, expresando relaciones entre sus conocimientos previos y los adquiridos.	Define el concepto de mutación y clasifica las mutaciones en función de diferentes los criterios. Lo hace de forma autónoma y precisa, ofreciendo información reformulada, reestructurada y cohesionada, expresando relaciones entre sus conocimientos previos y los adquiridos, e incorporando información consultada en otras fuentes.

	12. Identificar las técnicas de la Ingeniería Genética: ADN recombinante y PCR. CMCT.	No es capaz de explicar los conceptos de biotecnología e ingeniería genética. Tampoco las herramientas y los pasos de un proyecto de ingeniería genética.	Explica los conceptos de biotecnología e ingeniería genética. Identifica y describe las herramientas y los pasos de un proyecto sencillo de ingeniería genética Explica la función de la PCR y algunas de sus utilidades.	Explica los conceptos de biotecnología e ingeniería genética. Identifica y describe las herramientas y los pasos de un proyecto sencillo de ingeniería genética Explica la función de la PCR y algunas de sus utilidades. Realiza inferencias y aporta deducciones apropiadas respondiendo a las cuestiones con precisión y eficacia.	Explica los conceptos de biotecnología e ingeniería genética. Identifica y describe las herramientas y los pasos de un proyecto sencillo de ingeniería genética Explica la función de la PCR y algunas de sus utilidades. Aorta información consultada en otras fuentes que ofrece y contrasta. Realiza inferencias y aporta deducciones apropiadas respondiendo a las cuestiones con precisión y eficacia, de forma relacionada y sistematizada.
	13. Comprender el proceso de la clonación. CMCT.	No explica la clonación ni sus aplicaciones.	Explica la clonación y sus aplicaciones, y define, de forma adecuada, las células madre.	Explica la clonación y sus aplicaciones. Define las células madre y valora su importancia en medicina. Aporta reflexiones y conclusiones propias, y relaciones entre sus conocimientos previos con los adquiridos.	Explica la clonación y sus aplicaciones. Define las células madre y valora su importancia en medicina. Aporta reflexiones y conclusiones propias, y relaciones entre sus conocimientos previos con los adquiridos, incorporando información de otras fuentes.

	14. Reconocer las aplicaciones de la Ingeniería Genética: OMG (organismos modificados genéticamente). CMCT	No es capaz de explicar el proyecto genoma humano, sus antecedentes y desarrollo de sus características principales.	Explica el proyecto del genoma humano, sus antecedentes y desarrollo y sus características principales. Expone reflexiones y opiniones propias sobre proyecto de forma adecuada. Valora con empatía y actitudes de integración la situación de las personas que se ven discriminadas por motivos genéticos.	Explica el proyecto del genoma humano, sus antecedentes y desarrollo y sus características principales, valorando la importancia de la Declaración Universal del Genoma y los Derechos Humanos. Expone reflexiones y conclusiones razonadas y críticas sobre las implicaciones éticas y sociales de los avances en biotecnología. Expone reflexiones críticas sobre las causas y las consecuencias de las situaciones discriminatorias por motivos genéticos, mostrando actitudes de respeto, empatía e integración hacia todas las personas.	Explica el proyecto del genoma humano, sus antecedentes y desarrollo y sus características principales, valorando la importancia de la Declaración Universal del Genoma y los Derechos Humanos. Expone reflexiones y conclusiones razonadas y críticas sobre las implicaciones éticas y sociales de los avances en biotecnología. Expone reflexiones críticas sobre las causas y las consecuencias de las situaciones discriminatorias por motivos genéticos, mostrando actitudes de respeto, empatía e integración hacia todas las personas. Aporta ejemplos y amplía la información consultada en otras fuentes.
--	---	---	--	--	---

	15. Valorar las aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en la agricultura, la ganadería, el medio ambiente y la salud. CMCT, CSC, CYEC.	No es capaz de reconocer ni describir las aplicaciones de la biotecnología moderna en los diversos campos.	Describe las aplicaciones de la biotecnología moderna en diversos campos: medicina, medio ambiente, agricultura y ganadería. Identifica y nombra algunas consecuencias de los avances actuales en el campo de la biotecnología.	Describe, de forma detallada, amplia y precisa, las aplicaciones de la biotecnología moderna en diversos campos: medicina, medio ambiente, agricultura y ganadería. Interpreta críticamente las consecuencias de los avances actuales en el campo de la biotecnología aportando ejemplos. Expone reflexiones y opiniones propias y razonadas en torno a las formas de influencia y relación entre la Ingeniería Genética y ámbito de los valores éticos y los Derechos Humanos y Ambientales.	Describe, de forma detallada, amplia y precisa, las aplicaciones de la biotecnología moderna en diversos campos: medicina, medio ambiente, agricultura y ganadería. Interpreta críticamente las consecuencias de los avances actuales en el campo de la biotecnología aportando ejemplos e información de otras fuentes. Realiza inferencias e hipótesis, teniendo en cuenta el principio de precaución, sobre los riesgos y efectos de la transformación de la naturaleza y la manipulación de la vida por parte de los seres humanos, y la influencia de las empresas, instituciones u organismos que en ocasiones representan, valorando las limitaciones que presenta el conocimiento genético.
--	---	---	--	--	--

BLOQUE 4	1. Planear, aplicar, e integrar las destrezas y habilidades propias de trabajo científico. CMCT, CD, CAA, SIEP.	No observa, interpreta y/o elabora gráficos, ni compara, relaciona y analiza datos y ni resultados atendiendo a sus objetivos.	Observa, interpreta y/o elabora gráficos, y compara, relaciona y analiza datos y resultados atendiendo a sus objetivos. Lo hace de manera adecuada, mostrando esfuerzo e interés. Adquiere y aplica, poco a poco, terminología y herramientas propias de los métodos científicos	Observa, elabora e interpreta gráficos, planos y mapas, y extrae datos concluyentes de ellos, de forma eficaz, que analiza y contrasta conforme a los objetivos, expresando las características y los elementos principales. Expresa, integra y aplica, de forma progresiva, destrezas, técnicas, herramientas, habilidades y terminología propias de los métodos científicos.	Observa, e interpreta gráficos de manera eficaz, realizando inferencias y expresando relaciones y comparaciones de los datos, mostrando un análisis profundo, lógico y coherente. Elabora gráficos precisos especificando sus objetivos a partir de los datos, y extrae y expone resultados y conclusiones fundamentadas. Emplea de forma autónoma la interpretación y elaboración de gráficos en otros contextos. Expresa, integra y aplica, de forma autónoma progresiva, destrezas, técnicas, herramientas, habilidades y terminología propias de los métodos científicos.
	3. Discriminar y decidir sobre las fuentes de información y los métodos empleados para su obtención. CMCT, CD, CAA.	No es capaz de utilizar las TIC para buscar información relacionada con las actividades que se le plantean.	Utiliza las TIC para buscar información relacionada con las actividades que se plantean.	Utiliza las TIC para buscar información relacionada con las actividades que se plantean. Organiza la información, la compara con la obtenida en otras fuentes y la aplica a la solución de las actividades planteadas.	Utiliza las TIC de forma autónoma para buscar información relacionada con las actividades que se plantean. Organiza la información, la compara con la obtenida en otras fuentes y la aplica a la solución de las actividades planteadas, saca conclusiones y las explica oralmente y por escrito.

	4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en grupo. CSC.	No mantiene actitudes de interés durante las actividades y las interacciones del aula.	Mantiene actitudes de interés durante las actividades y las interacciones del aula. Muestra actitudes de esfuerzo por realizar las actividades de forma autónoma. Relee y revisa sus trabajos para corregirlos y mejorarlos. Pide ayuda cuando lo necesita y muestra su apoyo a los compañeros, manifestando actitudes de empatía y respeto.	Mantiene una participación y escucha activa durante las actividades y las interacciones del aula. Realiza y revisa las actividades y trabajos de forma autónoma; planifica los procesos de trabajo y los explica. Participa de forma activa y cooperativa en los trabajos, debates, actividades e investigaciones grupales, mostrando actitudes de empatía y respeto.	Realiza sus tareas de forma autónoma; planifica y explica el proceso de trabajo, relaciona los datos y obtiene conclusiones; toma decisiones para mejorar sus resultados, las justifica y las aplica a otros ámbitos del aprendizaje. Manifiesta actitudes de interés por los medios de divulgación científica (revistas, artículos, documentales, etc.) Participa de forma activa, integradora y cooperativa en los trabajos, debates, actividades e investigaciones grupales, mostrando actitudes de empatía, respeto e integración.
--	--	--	--	---	--

Fuente: Creada a partir de la Programación Didáctica de Aula de *Biología and Geología 4.º curso de Educación Secundaria*. Santillana.

Anexo 9.4. Rúbrica para valorar el trabajo cooperativo

TRABAJO COOPERATIVO	MUY ALTO (10-9)	ALTO (8-7)	MEDIO (6)	BAJO (5)
Control de eficacia de grupo	Repetidamente controla la eficacia del grupo y hace sugerencias para que sea más efectivo	Repetidamente controla la eficacia del grupo y trabaja para que el grupo sea más efectivo	Ocasionalmente controla la eficacia del grupo y trabaja para que sea más efectivo	Rara vez controla la eficacia del grupo y no trabaja para que éste sea más efectivo
Calidad del trabajo	Proporciona trabajo de la más alta calidad	Proporciona trabajo de calidad	Proporciona trabajo que, ocasionalmente, necesita ser comprobado o rehecho por otros miembros del grupo para asegurar su calidad	Proporciona trabajo que, por lo general, necesita ser comprobado o rehecho para asegurar su calidad
Trabajando con otros	Casi siempre escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros. Trata de mantener la unión de los miembros trabajando en grupo	Usualmente escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros. No causa "problemas" en el grupo.	A veces escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros, pero algunas veces no es un buen miembro del grupo	Raramente escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros. Frecuentemente no es un buen miembro del grupo
Contribuciones	Proporciona siempre ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Es un líder definido que contribuye con mucho esfuerzo	Por lo general, proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Un miembro fuerte del grupo que se esfuerza	Algunas veces proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Un miembro satisfactorio del grupo que hace lo que se le pide	Rara vez proporciona ideas útiles cuando participa en el grupo y en la discusión en clase. Puede rehusarse a participar

Fuente: www.orientacionandujar.es

Anexo 9.5. Rúbrica observación para evaluar el trabajo en clase

	Muy bien (7-10)	Bien (5-7)	Regular (3-6)	Deficiente (0-3)
Instrucciones	Sigue las instrucciones del profesor y de sus compañeros	Cumple casi todas las instrucciones del profesor y sus compañeros	Cumple la mitad de las instrucciones del profesor y sus compañeros	No cumple casi ninguna instrucción del profesor y sus compañeros
Participación	Participa en el grupo exponiendo sus opiniones	Participa casi siempre en el grupo exponiendo sus opiniones	Participa irregularmente en el grupo exponiendo sus opiniones	Casi no participa en el grupo exponiendo sus opiniones
Resuelve problemas	Es capaz de resolver los problemas con los que se encuentra	Casi siempre es capaz de resolver los problemas con los que se encuentra		Casi nunca es capaz de resolver los problemas con los que se encuentra
Respeto	Respeto las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros	Casi siempre respeta las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros		Casi nunca respeta las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros
Atención	Presta atención durante toda la sesión	Presta atención durante casi toda la sesión	Presta atención durante la mitad de la sesión	Casi no presta atención durante toda la sesión
Tareas	Cumple con todas las tareas encomendadas	Cumple con casi todas las tareas encomendadas	Cumple con la mitad de las tareas encomendadas	Cumple con muy pocas tareas encomendadas
Creatividad	Es creativo/a a la hora de realizar sus tareas, resolver problemas o aportar soluciones	Casi siempre es creativo/a a la hora de realizar sus tareas, resolver problemas o aportar soluciones		No es creativo/a casi nunca a la hora de realizar sus tareas, resolver problemas o aportar soluciones
Ayudas	Cuando ha completado sus tareas, ayuda al grupo en todo lo que necesita	Cuando ha completado sus tareas, casi siempre ayuda al grupo en todo lo que necesita	Cuando ha completado sus tareas, algunas veces ayuda al grupo en todo lo que necesita	Cuando ha completado sus tareas, muy pocas veces ayuda al grupo en todo lo que necesita
Solidaridad	Es solidario/a con el grupo y con sus compañeros	Es solidario/a casi siempre con el grupo y con sus compañeros	Es solidario/a algunas veces con el grupo y con sus compañeros	Es solidario/a muy pocas veces con el grupo y con sus compañeros
Puntualidad	Entrega puntualmente las tareas encomendadas	Casi siempre Entrega puntualmente las tareas encomendadas	La mitad de las veces entrega puntualmente las tareas encomendadas	Casi nunca entrega puntualmente las tareas encomendadas

Autonomía e iniciativa	Es autónomo/a y tiene iniciativa para resolver problemas y acometer las tareas	Es autónomo/a y tiene iniciativa para resolver problemas y acometer las tareas casi siempre	Es autónomo/a y tiene iniciativa para resolver problemas y acometer las tareas algunas veces	Casi nunca es autónomo/a y tiene iniciativa para resolver problemas y acometer las tareas
------------------------	--	---	--	---