



Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE MÁSTER

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

BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

NUESTRO DNI GENÉTICO: UNA PROPUESTA DIDÁCTICA MEDIANTE METODOLOGÍAS ACTIVAS PARA ALUMNADO DE 4º ESO

Autora: Alicia Moldes Plaza

Tutora: Elena Bueno Martínez

Año 2023-2024

“Lo que **escucho**, lo olvido.

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

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

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

Lo que **enseño** a otro, lo domino”.

Declaraciones de Confucio, modificadas y ampliadas por Mel Silberman (1998)

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

RESUMEN

La enseñanza de la Genética es uno de los temas que resulta didácticamente más conflictivo, entre otras cosas debido a la complejidad de los contenidos, a la metodología tradicional centrada en la transmisión de conocimientos y al nivel de conocimiento del alumno cuando llega al aula. Como alternativa para solventar esta problemática, en este Trabajo de Fin de Máster se propone la unidad didáctica (UD) titulada “Nuestro DNI Genético”, la cual aborda los contenidos de Genética Molecular e Ingeniería Genética de 4º de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Esta propuesta se basa en el constructivismo, una teoría que fomenta la participación activa de los estudiantes a través de la realización de actividades innovadoras, motivadoras y desafiantes que se adaptan al contexto y las necesidades del aula.

En definitiva, en este trabajo se realizará un estudio de las ideas previas de los alumnos de 4º ESO y 1º de Bachillerato del IES Pinar de la Rubia. Por otra parte, se examinarán los aspectos legislativos y metodológicos del proceso de creación de una UD para finalmente concluir con la elaboración de una propuesta didáctica, que fomente el aprendizaje significativo, mediante metodologías activas (la gamificación, el aprendizaje basado en juegos, el aula invertida, el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas).

Palabras clave: constructivismo, genética molecular, ingeniería genética, metodologías activas, unidad didáctica.

ABSTRACT

The teaching of Genetics is one of the topics that is didactically more conflictive, among other things due to the complexity of the contents, the traditional methodology focused on the knowledge transmission and the level of knowledge of the student when he arrives in the classroom. As an alternative to solve this problem, in this Master's Thesis is proposed the didactic unit (DU) entitled "Our Genetic ID", which addresses the contents of Molecular Genetics and Genetic Engineering of 4th Secondary Education. This proposal is based on constructivism, a theory that encourages the active participation of students through the implementation of innovative, motivating and challenging activities that are adapted to the context and needs of the classroom.

To sum it up, this work will perform a study of the students' previous ideas of 4th Secondary Education and 1st Baccalaureate in the IES Pinar de la Rubia. In addition, the legislative and methodological aspects of the process of creating a DU will be examined and finally a didactic proposal was developed, promoting meaningful learning through active methodologies (gamification, game-based learning, flipped learning, project-based learning and problem based learning).

Key words: *active methodologies, constructivism, didactic unit, genetic engineering, molecular genetic.*

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	JUSTIFICACIÓN	2
2.1	Justificación teórica.....	2
2.2	Justificación experimental.....	4
3.	OBJETIVOS	8
4.	MARCO TEÓRICO	9
4.1	El modelo educativo.....	9
4.2	El constructivismo.....	10
5.	PROPUESTA DIDÁCTICA: “<i>Nuestro DNI Genético</i>”	21
5.1	Marco legislativo.....	21
5.2	Contextualización.....	21
5.3	Contenidos.....	24
5.4	Objetivos	29
5.5	Competencias clave.....	30
5.6	Metodología didáctica	32
5.7	Evaluación.....	43
5.8	Atención a la diversidad.....	47
5.9	Evaluación de la propuesta didáctica	48
6.	ANÁLISIS DAFO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA	49
7.	CONCLUSIONES	51
8.	REFERENCIAS	52
9.	ANEXOS	55
9.1	ANEXO I. Análisis de los conocimientos de Genética- 4º ESO y 1º Bachillerato.....	56
9.2	ANEXO II. Book.....	59
9.3	ANEXO III. Actividades para afianzar conocimientos.....	74
9.4	ANEXO IV. Prueba final.....	75

1. INTRODUCCIÓN

Una de las ramas de la Biología que más ha avanzado y más se ha popularizado en los últimos años es la Genética, ciencia que estudia como los caracteres hereditarios se transmiten de generación en generación (Caballero Armenta, 2008).

La palabra "genética" proviene del griego antiguo "*gennetikos*", que significa "relativo al origen" o "relativo a la generación". En las lenguas modernas, el vocablo surge en el inglés *genetics*, pero sólo adquiere su significado actual por obra del genetista inglés William Bateson en 1906 (Anders, 2013). Desde entonces, la Genética se ha convertido en una disciplina fundamental para estudiar la herencia y la variabilidad de los organismos. Además, está ampliamente reconocida como la base conceptual para comprender la evolución, uno de los paradigmas de la biología (Kuhn, 1971).

En este momento histórico, la sociedad está continuamente expuesta a información que proviene de diversas fuentes (Figura 1) como las creencias populares, las redes sociales y los medios de comunicación. Frecuentemente, aparecen noticias relacionados con las investigaciones y las aplicaciones de la Biotecnología y la Ingeniería Genética en la medicina o la agricultura (Porrás & Puigcerver Oliván, 2013). Como, por ejemplo, las relacionadas con los organismos transgénicos o las terapias génicas. Es incuestionable, por tanto, el interés y los debates económicos, éticos y sociales que surgen entorno a esta disciplina. Pero ¿cuál es el conocimiento real que tiene los estudiantes de Educación Secundaria sobre este tema?

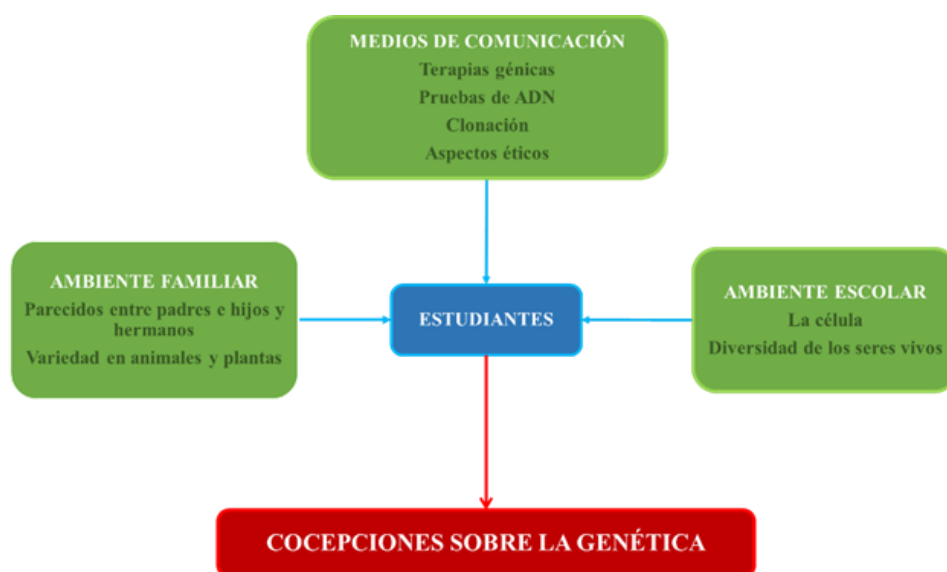


Figura 1. Factores que pueden influir en las concepciones de los estudiantes sobre la Genética (Ayuso & Banet, 2002).

El primer contacto de los alumnos con la Genética ocurre en 4º de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). No obstante, es habitual que cuando los alumnos se enfrentan al estudio de contenidos nuevos, éstos no tengan un desconocimiento total de los mismos ya que inconscientemente se han ido documentando y, con ello, formando sus propias concepciones. aunque éstas pocas veces coinciden con las nociones ratificadas por la comunidad científica (Caballero Armenta, 2008). Cuando estas nociones son erróneas y persisten en el tiempo se denominan ideas previas. Según Bello se definen como *“construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones. Son construcciones personales, pero a la vez son universales y muy resistentes al cambio; muchas veces persisten a pesar de largos años de instrucción escolarizada”*.

En definitiva, conseguir realizar un aprendizaje significativo no depende solo de un factor, sino de la compleja interacción que se produce entre quienes enseñan, quienes aprenden, los contenidos explicados y la influencia de la cultura (Méndez Méndez & Arteaga Quevedo, 2016). Por tanto, es necesario reflexionar acerca del origen de estos obstáculos, así como proponer metodologías innovadoras en la enseñanza de esta (Bannet & Ayuso, 1995).

Este trabajo aboga por la creación de una unidad didáctica que incorpore actividades que utilicen recursos destinados a facilitar la comprensión de los conceptos de Genética Molecular e Ingeniería Genética en 4º de ESO de manera más efectiva que las clases magistrales de la enseñanza tradicional. Se busca promover con ello el aprendizaje significativo a través de las siguientes metodologías activas: la gamificación, el aprendizaje basado en juegos, el aula invertida (*flipped learning*), el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas.

2. JUSTIFICACIÓN

2.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

De acuerdo con el último informe PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos), España sigue mostrando resultados insatisfactorios en las pruebas de ciencias. La hipótesis principal que surge como explicación es la de atribuir a la pandemia de la COVID-19 y a sus efectos derivados (como fueron el confinamiento, el cierre de centros educativos, etc.) el origen de estos datos. No obstante, será necesario esperar a los resultados del próximo

informe PISA, en 2025, para analizar con mayor profundidad el impacto de esta en el rendimiento de los alumnos (PISA, 2022).

Diversos estudios científicos han puesto de manifiesto que el aprendizaje de las ciencias es una tarea con un alto índice de fracaso.(Bugallo Rodríguez, 1995; Campanario & Otero José, 2000). La preocupación ante esta situación nace como consecuencia de la poca capacidad que muestran los alumnos a la hora de enfrentarse a problemas o materias que requieren de razonamientos lógicos fundamentales. Estas consideraciones sirven de punto de partida para realizar una reflexión sobre diversos aspectos que inciden directamente en el aprendizaje y en la enseñanza de las ciencias.

Varias investigaciones orientadas a descubrir qué aspectos de la Genética son los particularmente complejos para el estudiante han mostrado algunas de las principales dificultades identificadas en su aprendizaje:

- La terminología y el lenguaje científico (Bugallo Rodríguez, 1995).
- La asimilación y utilización incorrecta de las **ideas previas** (Campanario & Otero José, 2000; Íñiguez Porras, 2005). Si no detectamos estas concepciones al inicio de la unidad, los alumnos pueden basar su aprendizaje en esas concepciones erróneas. Como docentes somos responsables de detectar estas ideas previas en los alumnos de 4º de la ESO para que estos lleguen a 2º de Bachillerato con una base sólida de conocimientos de los que partir.
- La **complejidad** de la Genética deriva, en buena medida, de la naturaleza de sus conceptos (Bannet & Ayuso, 1995). Esta responde a elementos celulares microscópicos y estructuras moleculares con cierto grado de complejidad química. En cambio, áreas como la botánica, la zoología o la ecología responden a un nivel macroscópico para las cuales la observación y descripción son competencias suficientes para alcanzar un conocimiento lo más completo posible (Méndez Méndez & Arteaga Quevedo, 2016)
- El nivel de **desarrollo cognitivo** del estudiante. A diferencia de otras áreas de la biología, la enseñanza de la Genética requiere de un nivel mayor de capacidad analítica y matemática. Además, es necesario disponer de **habilidades metacognitivas**, término que fue acuñado por Flavíell (1981) y hace referencia a “saber aprender”. Estas permiten que el alumnado identifique las concepciones erróneas, ya que si no son conscientes de ello es difícil que tomen alguna postura para clarificar su comprensión (Campanario & Moya, 1999).

- Los **libros de texto**. Algunos libros incluyen un apartado en el que presentan las definiciones de los conceptos básicos, a menudo confusas y mal utilizadas, que los estudiantes suelen aprender de memoria (Bugallo Rodríguez, 1995). Por otra parte, en ocasiones no se establecen las relaciones adecuadas entre los conceptos fundamentales. Por ejemplo: en algunos al hablar de los genes no mencionan a los cromosomas, como consecuencia los estudiantes pueden considerar que son estructuras que no están relacionadas. Por otro lado, habitualmente los ejercicios propuestos por los libros son cerrados (con solución única), respondiendo a un esquema causa-efecto que promueve que los estudiantes repitan las mismas estrategias en todos los problemas que se les presentan, sin fomentar que hagan uso del razonamiento para resolverlos (Bannet & Ayuso, 1995).
- Las **actividades prácticas**. Por ejemplo, la realización de los experimentos clásicos con los alumnos resulta incompatible con el ritmo escolar (Bugallo Rodríguez, 1995). Además, con frecuencia el grupo de alumnos es tan elevado que esto también dificulta el poder realizar prácticas en el laboratorio.
- La **metodología docente**. En la enseñanza de las ciencias persiste todavía el modelo tradicional basado en que el docente transmite un conjunto de conocimientos al alumno. En este modelo pedagógico los alumnos son individuos pasivos, con bajo compromiso y motivación hacia la materia (Campanario & Moya, 1999). Esto, a nivel de 4º de la ESO tiene una relevancia especial ya que al finalizar este curso los alumnos deberán decidir si realizar un ciclo formativo o bachillerato (de la salud o de sociales).

2.2 JUSTIFICACIÓN EXPERIMENTAL

Durante las prácticas del Máster de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas en el curso escolar 2023/2024, realizadas en el centro IES Pinar de la Rubia de Valladolid, se realizó un cuestionario con el fin de determinar cómo de significativo es el aprendizaje de los estudiantes en el ámbito de la Genética. Los cursos seleccionados para el estudio fueron los siguientes: 4º ESO, que es el nivel en el que los estudiantes tienen el primer contacto directo con la Genética; y 1º de Bachillerato, nivel que no tiene en el curriculum la Genética. El cuestionario se realizó de acuerdo con el temario que aparece en el Real Decreto 39/2022 y los contenidos del libro de texto (editorial Santillana) que utilizaban en el centro.

En el Anexo I, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en la encuesta. En la primera columna se encuentran las preguntas, en la segunda las opciones de respuesta y la última se divide según el nivel académico de los alumnos que fueron sometidos al estudio. Esto se debe a que hay que tener en cuenta una serie de aspectos:

- Los **alumnos de 4º ESO (52)** acaban de realizar recientemente el examen relativo a la parte de Genética. Por tanto, el objetivo es evaluar cómo de significativo ha sido el aprendizaje.
- Los **alumnos de 1º de Bachillerato (39)** se han dividido en dos grupos para evitar el sesgo que podían generar aquellos que se encontraban cursando cultura científica (CC) como optativa (15 alumnos), ya que en el curriculum de la asignatura existen contenidos de Genética e Ingeniería Genética. Además, como ocurría con 4ºESO, acaban de examinarse de esa parte del temario. Por ello se dividió el curso entre aquellos que cursaban CC y los 24 alumnos que no tenían CC, para los que había transcurrido un año desde la última vez que estudiaron esta unidad.

Para determinar si el nivel académico de los estudiantes influyó en la nota que estos obtuvieron en el cuestionario realizado, se usó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Esta herramienta estadística lo que hace es comparar la variabilidad de los datos de cada uno de los niveles (varianza intragrupo) con la varianza entre la media de cada nivel y el promedio global (Sawyer, 2009). El objetivo es determinar si las diferencias observadas en las medias de esos grupos son estadísticamente significativas y no simplemente el resultado de la variabilidad aleatoria.

El ANOVA se llevó a cabo considerando un nivel de confianza del 95 % ($\alpha=0.05$). Por tanto, el factor nivel académico es significativo. Sin embargo, para saber si esa diferencia ocurre solo entre dos grupos o entre los tres, hay que acudir a un test a posteriori. Uno de los más utilizados es el test de Tukey, que lo que hace es calcular las diferencias entre niveles y compararlas con un valor crítico para determinar si son significativas o no.

Para facilitar la visualización de estos resultados, se ha optado por hacer uso de la metodología eld (compact letter display), la cual se basa en usar letras para que fácilmente se detecten qué grupos son diferentes entre sí (Piepho, 2018). Los grupos con una letra en común no serán significativamente diferentes entre sí. Al analizar la Figura 2, se puede observar que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos por alumnos de 4º ESO y 1º de Bachillerato, tanto aquellos que cursan CC como los que no la cursan. Sin embargo, se

encontraron diferencias significativas entre los grupos de 1º de Bachillerato que difieren en la asignatura de CC, lo cual era de esperarse ya que un grupo de alumnos lleva un año sin repasar esos contenidos.

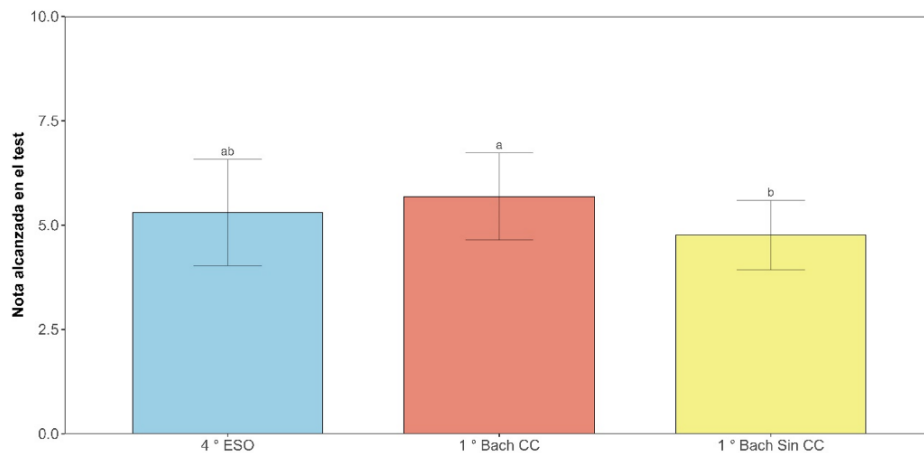


Figura 2. Nota alcanzada (del 0 al 10) por cada uno de los niveles académicos estudiados. Los valores están presentados como la media \pm la desviación estándar muestral. Las letras que se encuentran encima de las barras de error siguen la metodología CLD usando el test de Tukey. Abreviaturas: ESO (Educación Secundaria Obligatoria) y CC (Cultura científica)

A continuación, se exponen las conclusiones que se extraen de las respuestas obtenidas en la encuesta realizada:

En primer lugar, el interés del alumnado por la Genética se analiza con la 1º pregunta, en donde el 75% indica que les interesa bastante/mucho. Este resultado sugiere que inicialmente es una disciplina que les llama la atención. Sin embargo, a medida que avanza la unidad este interés y motivación tienden a disminuir debido a la complejidad de los contenidos.

Llama la atención que en la pregunta 3 hubo un 13% de los alumnos que seleccionaron a Marie Curie y un 7% que marcó a Isaac Newton como científicos importantes en esta disciplina, cuando sus aportaciones están relacionadas con otros campos. Mientras que solamente el 28 % de ellos reconocieron a Rosalind Franklin.

A la pregunta 4 la mayoría de los alumnos marcan los animales y las plantas como organismos portadores de material genético, pero solo un 15% identifican los virus y un 30% las bacterias (Figura 3). Esto respalda las disparidades ya observadas en estudios similares, que manifiestan que esto podría deberse a que los alumnos se

Seleccione cuales de los siguientes organismos contienen material genético.

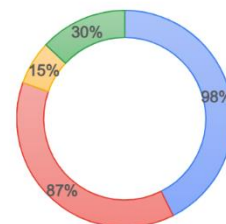


Figura 3. Gráfico donut que muestra los resultados de la pregunta número 4 de la encuesta.

encuentras más familiarizados con los organismos de la especie humana porque los asocian como próximos a él (Caballero Armenta, 2008).

Las cuestiones 5, 6, 11, 12, 13 y 17 tienen en común que en todas ellas se observa una clara diferencia entre las respuestas de los alumnos de 1º Bachillerato con CC y sin ella.

En la pregunta número 8 (Figura 4) se observa que el 83% de los estudiantes encuestados asocian la expresión génica no solo con la transcripción y traducción, sino también con el proceso de replicación del ADN.

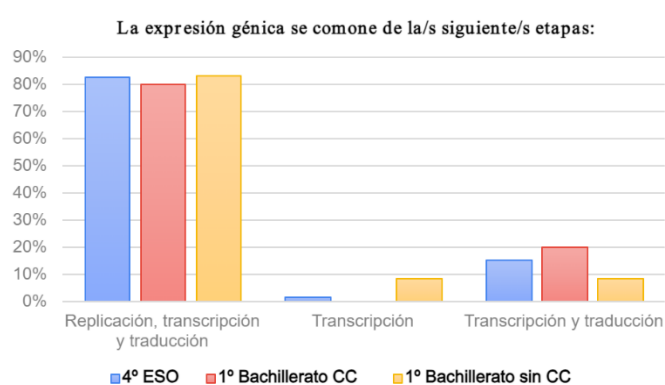


Figura 4. Diagrama de barras de los resultados obtenidos en la pregunta número ocho. Abreviaturas: ESO (Educación Secundaria Obligatoria) y CC (Cultura Científica).

Este hallazgo es sorprendente, ya que sugiere que la explicación de estos conceptos podría no haber sido la más adecuada, dado que prácticamente todos los alumnos tienen dificultades para asociar correctamente dichos conceptos. Esto también se ha podido observar en otros estudios (Campanario & Moya, 1999)

Los resultados de la encuesta también muestran las dificultades que presentan los alumnos con el lenguaje científico específico de esta disciplina, como lo describió Bugallo (1995) en sus estudios. Esto es evidente en la pregunta 12, donde el 21% de los encuestados no solo se equivocan, sino que tampoco son capaces de deducir la respuesta a través de un proceso de razonamiento lógico de los prefijos de las palabras (“Hetero” y “Homo”). Es probable que esto también haya influido a la hora de responder la pregunta 16, en la cual solo marcan la opción correcta el 23% de los alumnos. Un valor sorprendentemente bajo teniendo en cuenta la sencillez del problema tipo planteado.

Las últimas dos preguntas (17 y 18) estaban enfocadas en la PCR y CRISPR-Cas9. Ambas conocidas a nivel mundial, la primera como consecuencia de la pandemia COVID-19 y la segunda por su gran potencial para tratar enfermedades genéticas. Los resultados denotan una falta de cultura científica por parte del alumnado.

En conclusión, el análisis estadístico pone de manifiesto que el aprendizaje de la Genética en la ESO a través de la metodología tradicional no es significativo. Se observa que el

alumnado opta por memorizar a corto plazo los contenidos en vez de intentar interiorizarlos. Esto conlleva que, como se observa en la mayoría de las respuestas de la encuesta, los estudiantes presenten concepciones erróneas de muchos de los contenidos de esta disciplina. Además, en ella encontramos correlaciones que apoyan las principales dificultades hacia la Genética que se han destacado en el apartado 2.1. Justificación teórica.

Actualmente vivimos en un mundo que está constantemente cambiando (Driver, 1988). Por ello, se hace imprescindible que la enseñanza de la Genética cale en el alumnado. Como docentes nuestro deber es fomentar la alfabetización científica de los estudiantes para poder garantizar que sean individuos capaces de tomar decisiones racionales (Thomson & Stewart, 1985). Esto solo se logrará si conseguimos acercar la Ciencia a sus intereses personales y si los aprendizajes adquieren cierta utilidad para ellos (Maria Antonia Candela., 2014).

Como alternativa para solventar esta problemática, se propone la unidad didáctica titulada “Nuestro DNI Genético”, la cual se basa en el constructivismo. Esta teoría fomenta la participación de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje a través de la realización de actividades innovadoras, motivadoras y desafiantes que se adaptan al contexto y las necesidades del aula.

3. OBJETIVOS

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Máster es diseñar una unidad didáctica para abordar los contenidos de Genética Molecular y la Ingeniería Genética en 4º ESO de manera que se fomente el aprendizaje significativo a través de metodologías activas en el aula como son la Gamificación, el Aprendizaje Basado en Juegos (GBL), el aula invertida (*flipped learning*), el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL).

En cuanto a los objetivos específicos, se enumeran a continuación:

- ❖ Identificar las ideas previas sobre la Genética, a grandes rasgos, arraigadas por el estudiando y la influencia de éstas como posibles obstáculos en el aprendizaje significativo.

- ❖ Describir el modelo constructivista aplicado a la enseñanza.

- ❖ Abordar el uso de las metodologías activas para explicar la Genética Molecular e Ingeniería Genética en los alumnos de 4º ESO para que se sientan protagonistas de su propio proceso de aprendizaje.
- ❖ Diseñar actividades que permitan a los estudiantes adquirir los indicadores de logro correspondientes a los contenidos determinados por la legislación vigente y trabajar las competencias clave.
- ❖ Proponer materiales didácticos que fomenten la motivación y la curiosidad de los alumnos por aprender.
- ❖ Implementar medidas que atiendan a la diversidad del aula, en donde se incluyan las necesidades específicas de cada alumno.
- ❖ Evaluar de forma continua, formativa e integradora.
- ❖ Analizar las posibles limitaciones de la unidad didáctica propuesta.

4. MARCO TEÓRICO

Una vez planteada la problemática que existe alrededor de la didáctica de las ciencias, concretamente en la Genética, se expone el marco teórico en el que se basa la unidad didáctica:

4.1 EL MODELO EDUCATIVO

En la actualidad, el mundo se encuentra en una transformación constante. Sin embargo, el sistema educativo prácticamente no ha cambiado desde el siglo XIX. Schank (2007) en una entrevista describe esta situación como que “El sistema educativo que tenemos hoy y que ha seguido invariable desde hace años se puede resumir de la siguiente manera: un profesor entra en clase y habla. Los alumnos, como mucho, toman apuntes y como no pueden recordar lo que se les dijo, les hacen exámenes. Pero poco después de hacerlos lo olvidan todo” (Galván-Cardoso & Siado-Ramos, 2021).

El proceso educativo tradicional, ampliamente utilizado todavía en las aulas, es un modelo que consiste en la trasmisión unidireccional de conocimientos del docente al alumno, con un rol pasivo de este en su proceso de aprendizaje. Este método de se caracteriza por ser

meramente expositivo, memorístico, por tener un currículo inflexible y centrado en el docente, con una evaluación del aprendizaje reproductiva y un rol autoritario del profesor (Galván-Cardoso & Siado-Ramos, 2021).

No hay que olvidar que la enseñanza sin aprendizaje no es enseñanza, es un absurdo. Por tanto, debe existir un cambio en este sentido que deje de lado este modelo tradicional en el que se da por “enseñado” en la medida que se ha terminado un tema o se cumple con las horas de clases, en vez de en la medida que el alumno aprende significativamente (Tünnermann, 2011). En definitiva, la educación no se deberá dirigir a la mera transmisión de conocimientos y de información sino a desarrollar la capacidad de producirlos y utilizarlos (Tedesco, 2003).

Desde este punto surge el reto de cómo hacer que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea atractivo para los alumnos y que los aprendizajes sean realmente significativos. Para ello, es fundamental entender que no se puede aprender solo con lo que nos dicen, si no que se aprende haciendo.

Los modelos educativos marcan las bases de cómo se organizará el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por tanto, es importante seleccionar correctamente el que se vaya a impartir, ya que este repercutirá en el tipo de aprendizaje que el estudiante desarrolle. El constructivismo como teoría y método de enseñanza sustenta la práctica pedagógica expuesta en la unidad didáctica “Nuestro DNI genético”.

4.2 EL CONSTRUCTIVISMO

4.2.1 El origen

El planteamiento constructivista se ha ido configurando a lo largo de la historia. Las primeras referencias descritas fueron de los filósofos presocráticos. Aunque para algunos Descartes fue quien inicio las corrientes constructivistas modernas, con su frase “pienso, luego existo” introduce la idea de que el pensamiento humano tiene un papel activo en la comprensión del mundo y en la construcción del conocimiento. Posteriormente, es Kant quien con sus ideas separa el conocimiento tanto del racionalismo puro como del empirismo. Desde su punto de vista, no solo es necesaria la experiencia, sino que son importantes las estructuras mentales, en un principio innatas, para ratificar y organizar el conocimiento a partir de lo que se ha aprendido. Además, destaca la capacidad humana de asociar únicamente la experiencia que le interesa al sujeto (Araya et al., 2007; Ortiz Granja, 2015).

Más tarde, a partir de los años cincuenta, y debido a los hallazgos de Einstein y Heisenberg, se cuestionó el paradigma del positivismo. El primero destacó como el sujeto y el contexto influían a la hora de interpretar una realidad. Asimismo, una de las interpretaciones filosóficas del “principio de la incertidumbre” propuesto por Heisenberg sugiere que la observación misma perturba el sistema que se está observando, lo que implica que la realidad es relativa y está sujeta a la interpretación y la actividad del sujeto que aprende (Ortiz Granja, 2015).

Estos hallazgos apoyaron la idea de que el ser humano es un activo constructor de su realidad y plantearon algunos principios básicos del constructivismo, estos son (Ortiz Granja, 2015):

- La adquisición de conocimientos es un proceso constructivo propio del ser humano: cada individuo interpreta la realidad, la organiza y le otorga significado.
- Existen diversas realidades construidas individualmente que no están regidas por leyes naturales, sino que dependen de las capacidades emocionales, físicas, así como de condiciones socioculturales.
- La ciencia no revela realidades preexistentes, sino que construye significados: atribuye sentido a los fenómenos que acontecen en las personas, en la sociedad y en el mundo.

En resumen, podría decirse que el constructivismo sostiene que el sujeto (tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los emocionales) es una construcción propia que resulta de la interacción con el medio que lo rodea (Carretero, 1997).

4.2.2 Constructivismo educativo

Esas clases magistrales que consideraba al alumno como un receptor pasivo sin aportaciones significativas en su proceso de aprendizaje han quedado obsoletas, siendo crucial reconocer y aprovechar los conocimientos y características previas que el alumno trae consigo al aula para la construcción de los nuevos saberes. De este modo, el constructivismo pedagógico señala el camino hacia una transformación educativa, convirtiéndola en un proceso dinámico en el cual el estudiante elabora y construye su propio conocimiento a partir de su experiencia previa y las interacciones con el docente y el entorno.

A lo largo de los años, varios autores han propuesto diversas teorías sobre el aprendizaje, a continuación, se mencionarán aquellas que se consideran más cercanas a las ideas del constructivismo (Araya et al., 2007).

A. La teoría psicogenética de Piaget

Esta teoría analiza el desarrollo cognitivo humano, centrándose en cómo se construye el conocimiento a lo largo del tiempo y cómo evolucionan las habilidades mentales a medida que las personas crecen. Desde esta perspectiva se extrajeron dos conclusiones: en primer lugar, que la inteligencia es una característica intrínseca del ser humano, y en segundo lugar, que las personas son inteligentes en todas las etapas de la vida, aunque con unas estructuras cognitivas distintas en cada uno de ellas. Conocer estas etapas es fundamental a la hora de organizar los currículos escolares (Rodríguez Arroncho, 1999). De acuerdo con esto, Piaget sostiene que el desarrollo de la inteligencia depende de cuatro factores: la maduración biológica y psicológica del individuo, la experiencia, el medio social y la autorregulación.

En definitiva, Piaget concibe el conocimiento como una construcción propia del sujeto, ya que este es capaz de procesar la información obtenida del medio, interpretarla de acuerdo con lo que ya conoce y transformarla en nuevo conocimiento (Saldarriaga-Zambrano et al., 2016). Es decir, para aprender el individuo debe adaptarse a los cambios. Para ello se requiere de un equilibrio entre los factores externos (la experiencia, el ambiente físico) e internos (la herencia, la maduración) (Rodríguez Arroncho, 1999).

Entonces, todo aprendizaje ocurre debido a los procesos asimilación y acomodación. El primero hace referencia a la relación del individuo con su ambiente. Mientras que el segundo, la acomodación, se refiere a que ocurre con los aspectos que son asimilados. Por una parte, estos se integran en las estructuras cognitivas contribuyendo a la formación de nuevos pensamientos e ideas y a la vez permiten que el individuo utilice lo aprendido para mejorar su desempeño con el entorno (Ortiz Granja, 2015).

B. El aprendizaje social de Vygotsky

Según la perspectiva sociocultural de Vygotsky, el aprendizaje se entiende como una actividad colectiva mediada por las interacciones sociales. La interacción del alumno con el docente, un adulto o un compañero potenciarán lo que denomina “zona de desarrollo próximo”. Este autor la define como la distancia que existe entre el nivel de resolución de una tarea o la capacidad de aprender que tiene un individuo por sí mismo y el nivel que podría llegar a alcanzar o aprender con la ayuda de un compañero más competente o un experto en la tarea (Rosa et al., 1999).

A diferencia de Piaget, que consideraba que las estructuras cognitivas surgen y se transforman por la actividad de un individuo que por sí mismo busca y otorga sentido a su mundo, Vygotsky defiende que el aprendizaje es una actividad social. Asimismo, durante la última década, diversas investigaciones han demostrado la relevancia de la interacción social en el proceso de aprendizaje. Estas investigaciones evidencian que los alumnos logran adquirir conocimientos de manera más efectiva cuando participan en actividades colaborativas y argumentan con sus pares (Carretero, 1997).

C. La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel

Ausubel acuña el concepto de “aprendizaje significativo” distinguiéndolo del repetitivo o memorístico, al señalar que estos resultan poco eficaces para el aprendizaje de las ciencias. Para este autor, aprender es conocer, comprender el significado y esto solo es posible cuando se tiene en cuenta lo que el individuo ya sabe de lo que se le quiere enseñar, porque hay que tener en cuenta que el nuevo conocimiento se asentará sobre el viejo (Rosa et al., 1999; Tünnermann, 2011). En cuanto a las condiciones necesarias para que se produzca el aprendizaje significativo, se distinguen tres (Tünnermann, 2011): (1) La existencia de una jerarquía en los contenidos de la asignatura: de lo más general a lo más específico y complejo; (2) El proceso de enseñanza-aprendizaje tenga en cuenta las ideas previas del alumnado; (3) Los alumnos presenten motivación intrínseca por aprender.

Fundamentalmente, esta teoría expone que el aprendizaje debe ser una actividad significativa para el individuo que aprende estando dicha significatividad directamente relacionada con la existencia de relaciones entre las ideas previas y las nuevas que ya posee el alumno (Carretero, 1997).

Este proceso se lleva a cabo debido a la asociación de tres aspectos determinados (Ortiz Granja, 2015):

- **Lógicos:** el contenido de lo que va a aprenderse debe ser coherente en sí mismo para favorecer su aprendizaje.
- **Cognitivos:** hace referencia a las capacidades y habilidades que se tienen para procesar la información y de pensamiento.
- **Afectivos:** toman en cuenta las emociones que promueven o dificultan el proceso de formación tanto de los alumnos como de los maestros.

Desde este enfoque sería necesario por una parte cambiar la concepción sobre cómo se forma el conocimiento y por otro reformular los objetivos de la enseñanza. Para ello habrá que dar más importancia a que los alumnos aprendan antes que los resultados que obtengan. A menudo los docentes solo prestan atención a las respuestas correctas. Sin embargo, son los errores los que realmente nos informan sobre cómo el nuevo conocimiento se integra con las concepciones previas (Carretero, 1997).

Tras esta breve revisión bibliográfica podemos concluir que esta corriente pedagógica se fundamenta en la idea de que el conocimiento no es algo que se pueda transmitir de forma pasiva, sino que se construye activamente por parte del estudiante a través de la interacción con su entorno y con otros individuos. Principalmente, se centra en fomentar la participación del estudiante a través de la reflexión, la experimentación y la resolución de problemas como medio para la construcción del conocimiento (Caballero Armenta, 2008; Cook & Ausubel, 1970).

En este tipo de aprendizaje, el rol del docente es el de facilitar herramientas que permitan al alumno desarrollar sus estructuras cognitivas e interiorizar los nuevos conocimientos con sus ideas previas y escuchar a sus estudiantes con el fin de conocerlos para poder entender sus necesidades específicas. En definitiva, que sean los protagonistas de su proceso de aprendizaje, participando activamente en actividades que les permitan explorar, experimentar y reflexionar sobre los contenidos (Durán Rodríguez, 2009).

4.2.3 Los principios didácticos constructivistas

La didáctica proporciona al docente una serie de métodos y técnicas de enseñanza para alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos (Palma Rojas, 2017). A continuación, se presentan algunos de los principios didácticos de la teoría constructivista (Bernal González & Martínez Dueñas, 2009; Palma Rojas, 2017):

- El **aprendizaje cooperativo** implica la organización de los estudiantes en equipos de trabajo para lograr una meta común. Esto exige a los alumnos ser responsables y con ello asumir funciones específicas, así como interactuar entre ellos para explicar, comprender la teoría y resolver las actividades propuestas. Además, desarrollarán comportamientos prosociales que fomentarán la empatía y el respeto.
- La **enseñanza explícita**. Para que los alumnos puedan comprender el sentido de lo que se estudia. El docente explicará con claridad y antes de llevar a cabo la actividad los

objetivos (lo que se quiere lograr), lo que se va a hacer (actividad) y el porqué. Al llevarlo a cabo en el aula, el alumno por una parte se siente protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje y por otra, también despierta en él la curiosidad por la unidad.

- En este sentido, la **activación de las ideas previas** es fundamental para que los docentes adapten su enseñanza de manera más efectiva. Para ello, utilizarán ejemplos y analogías que conecten con la experiencia y el contexto de los alumnos.
- El **modelaje cognitivo** consiste en que tanto el profesor como el estudiante expresen la manera en la que realizan una tarea o emplean una estrategia; verbalizando sus procesos mentales de forma detallada, explicando sus pensamientos y el paso a paso que sigue para completar la tarea.
- La **metacognición** hace referencia a la conciencia que un individuo desarrolla sobre lo que aprende, el propósito de dicho aprendizaje y su actitud frente al mismo. Es decir, implica el control consciente de los procesos cognitivos (la memoria, la atención y la comprensión).
- **Estimular la motivación y la curiosidad** a través de la creación de escenarios atractivos que favorezcan que los alumnos se involucren en su propio aprendizaje. La motivación intrínseca y las creencias personales sobre lo que es importante aprender juegan un papel muy importante en la enseñanza.
- En el aula la **interacción será omnidireccional**: entre los propios alumnos, profesor-alumno y la del alumno consigo mismo.
- Adaptar el temario y las actividades a las capacidades cognitivas individuales de los alumnos
- Implementar actividades que involucren la adquisición y la aplicación de los conocimientos a situaciones reales.
- Introducir en el aula la actividad y la investigación científica, animándolos a utilizar y reforzar los aspectos del método científico.
- Realizar **prácticas experimentales**.
- **Integrar las TIC's** en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante actividades interactivas, vídeos, animaciones, simulaciones etc.

En el aula, el constructivismo se traduce en prácticas pedagógicas que fomentan el aprendizaje activo llamadas metodologías activas. Se entiende por **metodologías activas** el conjunto de métodos didácticos (herramientas y medios) que favorecen la participación de los estudiantes que se involucran en la planificación y el desarrollo de su propio proceso de aprendizaje. El principal objetivo de estas es que los alumnos “aprendan a aprender”, adquieran conocimientos de forma significativa, sean capaces de entender los contenidos y aplicarlos a diferentes contextos retroalimentándose de esas nuevas experiencias (Villalobos-López, 2022a).

Estas promueven principalmente dos características esenciales del aprendizaje: la sociabilidad y la interactividad. Por un lado, está la importancia de interactuar con otros, dialogando e intercambiando ideas. Y por otro, la interactividad es clave debido al uso generalizado de la tecnología en nuestra sociedad. Estas últimas también son importantes, ya que superan las barreras físicas y temporales (Bernal González & Martínez Dueñas, 2009).

Existe una amplia variedad de enfoques pedagógicos activos. Es crucial que los educadores comprendan su base teórica para poder seleccionar aquellas que se adapten mejor a los contenidos y a las necesidades específicas de sus alumnos. A continuación, se explican, las que van a ser utilizadas a lo largo de la unidad didáctica: “Nuestro DNI Genético”.

FLIPPED LEARNING

Esta estrategia traslada el trabajo de ciertos aprendizajes fuera del aula, a través de vídeos, lectura de artículos, etc. Es decir, se invierte el lugar donde se lleva a cabo la lección (en casa) y los deberes (en el aula) (Blanco et al., 2020). De esta manera, los alumnos al llegar a clase no es la primera vez que se enfrentan a los contenidos de la actividad que se van a desarrollar.

Además, utilizar esta metodología trata de dar solución al problema de los deberes. Generalmente, se exige que los alumnos en casa realicen tareas, que la mayoría de las veces no son capaces de resolver correctamente. Existen varias razones por las que se cree que esto ocurre: la complejidad, el tiempo disponible (este puede ser limitado debido a actividades extraescolares), la familia, etc. Si analizamos la enseñanza tradicional donde las tareas fáciles como comprender los contenidos se dan en el aula. Mientras que, en casa a través de los deberes, los alumnos tienen que analizar, evaluar y crear contenido; realmente la parte más difícil del proceso de enseñanza-aprendizaje (Santiago & Bergmann, 2018).

Esta metodología propone que los contenidos y materiales necesarios para la actividad se den previamente a la clase presencial. De esta manera, se fomentará el trabajo autónomo de los alumnos. Posteriormente, se podrán en común los conocimientos aprendidos en la sesión de clase a través de preguntas o actividades que guiará el profesor.

Por tanto, entre las ventajas que ofrece esta metodología son: (1) aumenta el compromiso de los alumnos; (2) fomenta la reflexión, capacidad crítica y la creatividad; (3) mejora el clima del aula; (4) permite una atención más personalizada del docente, ya que cuando realizan las tareas difíciles tienen al profesor allí para guiarles y resolver sus dudas; (5) esto último contribuye a que los alumnos no generen sentimientos de frustración y se encuentren más motivados con la materia; (6) se optimiza el tiempo dentro del aula (Berenger Albaladejo, 2016). En cuanto a las posibles limitaciones, para los docentes puede suponer una mayor inversión de tiempo la creación y selección de los materiales adecuados para esa parte de la unidad (Blanco et al., 2020).

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS (ABP)

Estrategia que se realiza por grupos de (3 a 5 personas) que permite a los alumnos adquirir conocimientos y competencias mediante la elaboración de un proyecto o producto final. El docente actúa como asesor durante todo el proceso. Este cuenta con varias fases, descritas a continuación (Jerez, 2015):

- Fase inicial: Se establecen los objetivos, se especifican las instrucciones, se determinan el procedimiento y se reparten los roles de trabajo en el grupo.
- Diseño: Búsqueda y selección de información y creación del proyecto.
- Fase final o exposición: Exposición y evaluación del proyecto.

APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (PBL)

Esta estrategia permite conectar lo que los estudiantes aprenden en la escuela con situaciones de la vida real. A los alumnos se les plantea un problema que deben resolver a partir de los conocimientos que tienen o de una búsqueda de información (Jerez, 2015). En este contexto, los docentes son importantes, ya que median y guían a lo largo de toda la actividad. En cuanto al procedimiento, se debe aplicar (Fernández March, 2006): (1) Contextualización, descripción y delimitación del problema; (2) Análisis por grupos; (3) Formulación de la hipótesis; (4) Investigación o resolución; (5) Verificación y solución del problema.

Gracias a esta metodología se promueve el desarrollo de habilidades como el análisis y síntesis de la información. Además, promueve el sentimiento de pertenencia al grupo y la participación en la toma de decisiones de este. Desarrollando no solo actitudes positivas hacia el aprendizaje si no también habilidades cognitivas y de socialización (Fernández March, 2006).

Las diferencias entre el PBL y el ABP son que en el primero se plantea un problema, el cual puede adoptar la forma de un caso. Para esta metodología se proponen preguntas, y el objetivo final no implica necesariamente la creación de un producto, sino la resolución de la problemática planteada. Por otra parte, el ABP requiere de la elaboración de un producto final específico, que generalmente se relaciona con situaciones del mundo real, a diferencia de la posibilidad en el PBL de recurrir a escenarios ficticios o simulaciones (Gende, 2019). Aunque ambas metodologías activas presentan ventajas e inconvenientes similares, es importante considerar las particularidades de cada enfoque al diseñar e implementarla una u otra estrategia.

GAMIFICACIÓN

El término hace referencia a la implementación de elementos característicos de los juegos en contextos no lúdicos. En el aula, no se trata de convertir la experiencia en un juego, sino que el aprendizaje sea más entretenido y atractivo gracias al uso de las mecánicas del juego elegido (Vázquez Cano & Sevillano, 2021).

Una definición más completa sería “la técnica o técnicas que el profesor emplea en el diseño de una actividad, tarea o proceso de aprendizaje (sean de naturaleza analógica o digital) introduciendo elementos del juego (insignias, límite de tiempo, puntuación, dados, etc.) y/o su pensamiento (retos, competición, etc.) con el fin de enriquecer esa experiencia de aprendizaje, dirigir y/o modificar el comportamiento de los alumnos en el aula” (Foncubierta & Rodríguez, 2014).

De esta manera, los alumnos serían los protagonistas en su aprendizaje, ya que no tendrán solo que escuchar y memorizar, sino que participarán resolviendo problemas o tareas de orden superior. Para diseñar una actividad gamificada se utilizan los mecanismos, la estética y los pensamientos propios del juego, pero aplicando los a los contenidos curriculares de la asignatura. Es fundamental, definir un objetivo claro dentro de la gamificación para que esta resulte eficaz (Vázquez Cano & Sevillano, 2021).

Otro de los aspectos que influyen a la hora de diseñar un sistema gamificado es la motivación: deberá existir un equilibrio entre la motivación extrínseca (incentivos o recompensas externas) y la intrínseca (satisfacción personal) para alcanzar el objetivo de la actividad (Vázquez Cano & Sevillano, 2021).

El análisis de las estructuras lúdicas como los juegos de mesa o los videojuegos han permitido descubrir los tres elementos necesarios para realizar una gamificación en el aula, que son específicos y se encuentran relacionados entre sí (Werbach & Hunter, 2015):

- **Mecánicas:** son los fundamentos básicos, es decir, las normas y funcionamiento que se aplican a las dinámicas del juego (Alejandre Biel & García Jiménez, 2015).

Tabla 1. Tipos de mecánicas en la gamificación (Rodríguez-Torres et al., 2022; Vázquez Cano & Sevillano, 2021)

RETROALIMENTACIÓN	Facilita la autoreflexión de los estudiantes y favorece el compromiso con la actividad. Como consecuencia se consigue generar ese flujo constante, la completa absorción y focalización en la tarea (flow).
RECOMPENSAS	Son beneficios que se obtienen cuando se ha completado una tarea. Algunos de los ejemplos más comunes son los puntos, las medallas, el paso a un nivel superior, etc. La finalidad de estas es que se repita el comportamiento del alumno. Se diferencian cuatro tipos: fijas, aleatorias, inesperadas y sociales.
NIVELES	Indican el grado de progreso dentro de la actividad y contribuyen a estimular la motivación de los alumnos que participan en la gamificación. Habitualmente se realiza a través de una secuencia de tareas en donde la complejidad aumenta a lo largo de la gamificación.
RETOS O MISIONES	En esta mecánica debe existir un equilibrio entre el esfuerzo que conlleva la tarea y el tiempo de la clase. Con esto se evita que la motivación decaiga.
TURNOS	Se refiere a la participación secuencial, equitativa y alternada que realizan los alumnos dentro del juego. Esta permite mejorar el trabajo en equipo, el ambiente en el aula y el sentimiento altruista de colaborar por el éxito común.

- **Dinámicas:** se refieren a la manera en la que se ponen en marcha las mecánicas. Es el elemento más abstracto de la gamificación y, está relacionada con las necesidades y deseos que conforman la motivación de los alumnos.

Tabla 2. Tipos de dinámicas en la gamificación (Rodríguez-Torres et al., 2022; Vázquez Cano & Sevillano, 2021).

NARRATIVA	Situa a los alumnos dentro de un contexto. Consiste en un hilo argumental como base del proceso de aprendizaje. Este debe adaptarse a los intereses de los alumnos para conseguir que se enganchen y se sientan motivados con el juego.
RELACIONAL	Tienen como fin que los estudiantes interactúen entre ellos, fomentando relaciones de competitividad, colaboración y cooperación.
RESTRICTIVA	Introduce limitaciones o restricciones.
PROGRESIVA	Busca crear en el alumno la sensación de progreso y evolución.
EMOCIONAL	Tienen en cuenta la atención y la motivación de los alumnos al desempeñar un reto. Por ejemplo: la curiosidad, la felicidad o frustración, la competitividad.

- **Componentes:** son las herramientas que se emplean y los recursos que se poseen dentro de la actividad gamificada. Algunos ejemplos son: las insignias, los logros, los avatares,

los puntos, los regalos, el desbloqueo del contenido, las barras del progreso, los tutoriales, las colecciones, los equipos.

En definitiva, la gamificación busca convertir las actividades educativas en experiencias divertidas y dinámicas. Su diseño implica la utilización de la creatividad, el trabajo en equipo y un espíritu lúdico que posibilite la evaluación del conocimiento de forma divertida.

EL APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS (GBL)

El llamado *Game-based learning* en inglés, consiste en la utilización de los juegos (ya comercializados o inventados) como apoyo al aprendizaje, la asimilación y la evaluación de los conocimientos. De esta manera, el juego se convierte en el “vehículo” del proceso de enseñanza-aprendizaje no en un fin. Por ejemplo: juegos como el Risk, el Trivial, etc. (Vázquez Cano & Sevillano García, 2021)

Si bien podemos encontrar múltiples beneficios en la gamificación y el GBL, algunos de ellos comentados anteriormente, también pueden existir inconvenientes a la hora de implementarlas (Lobato, 2024; Paredes, 2024).

Ventajas

- Vuelve el aprendizaje más atractivo y aumenta el compromiso del alumno con su aprendizaje.
- Proporciona *feedback* directo.
- Crea emociones positivas en torno al aprendizaje.
- Favorece el aprendizaje basado en errores.
- El aprendizaje se hace más visible. Los alumnos son capaces de observar el crecimiento y la mejora en el proceso de adquisición de conocimientos y habilidades.

Inconvenientes

- Los alumnos pueden distraerse por el juego y no alcanzar los objetivos de aprendizaje.
- A pesar de desarrollar multitud de habilidades, es difícil trabajar la expresión oral de los estudiantes.
- Si no está controlada por el docente como consecuencia pueden existir competitividades excesivas.

Y, por último, mencionar la importancia de que la ansiedad o el aburrimiento no se apoderen de la actividad que estamos realizando. El psicólogo Mihaly Csikszentmihalyi, instauró el concepto de *Flow*: estado en donde los estudiantes “no perciben el paso del tiempo” ya que se encuentran completamente inmersos y disfrutan la tarea que están realizando (Cornellà et al., 2020).

Por tanto, para llevar a cabo una gamificación en el aula debemos tener en cuenta que para alcanzar ese estado debe existir un equilibrio óptimo entre como son los retos percibidos por los alumnos y las habilidades de estos, evitando con ello situaciones de ansiedad o aburrimiento. Además, el mejor indicador para evaluar el trabajo de nuestros alumnos, con esta metodología es observar el progreso de los estudiantes a medida que avanzan en la experiencia gamificada (Cornellà et al., 2020).

5. PROPUESTA DIDÁCTICA: “*Nuestro DNI Genético*”

5.1 MARCO LEGISLATIVO

Esta unidad didáctica sobre Genética Molecular e Ingeniería Genética se diseñó conforme a la normativa establecida en la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre (LOMLOE), la cual actualiza, modifica y complementa la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) en vigor. En cuanto al currículo, se ajustó a lo dispuesto en el Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, que establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria.

Cada Comunidad Autónoma en España cuenta con un currículo específico para la Educación Secundaria Obligatoria que incluye orientaciones y criterios adicionales para la asignatura de Biología y Geología. En el caso de la Comunidad de Castilla y León, la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria se rigen por lo establecido en el DECRETO 39/2022, de 29 de septiembre.

Es fundamental considerar las diversas capacidades, intereses y estilos de aprendizaje de los estudiantes, adaptando los contenidos, metodologías y actividades para garantizar la participación y el aprendizaje de todos los alumnos. Para ello, nos basaremos en la Orden EDU/1152/2010, de 3 de agosto, que regula la respuesta educativa al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo, la cual fue modificada por la ORDEN EDU/371/2018, de 2 de abril.

5.2 CONTEXTUALIZACIÓN

La unidad didáctica titulada “Nuestro DNI Genético” ha sido elaborada para la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO, en el instituto IES Pinar de la Rubia, en Valladolid.

5.2.1 Localización y entorno del centro educativo

El centro está situado en la periferia de Valladolid, entre el Camino Viejo de Simancas y el Paseo Zorrilla. Localizado en una zona suburbana al sur y oeste de la ciudad, en la prolongación del eje principal de Valladolid, el Paseo Zorrilla. Esta área experimenta un notable crecimiento urbanístico con la construcción de diversas urbanizaciones como Covaresa, Parque Alameda, las Villas, y Paula López, que incluyen edificios residenciales de pisos, casas unifamiliares y chalés adosados. Además, cuenta con una excelente accesibilidad, con acceso en autobús urbano (IES Pinar de la Rubia, 2021).



Figura 5. Imagen del IES Pinar de la Rubia.

El terreno del instituto abarca 2,7 hectáreas, mayormente cubiertas por un pinar de *Pinus pinea* (pino piñonero), de donde proviene la primera parte de su nombre. La segunda parte, "la Rubia", se debe a uno de los barrios cercanos, también guarda relación con la Biología ya que antiguamente crecía la planta *Rubia tinctorum*.

El instituto se compone de dos edificios que se encuentran conectados por una pasarela. Además, comparte instalaciones educativas con el CEIP Alonso Berruguete, así como un extenso Polideportivo Municipal, varias pistas deportivas al aire libre, un aparcamiento y una pequeña zona ajardinada en la entrada principal.

5.2.2 Características del centro

El IES Pinar de la Rubia presenta una historia de treinta y seis años, ya que anteriormente era un centro de BUP y COU. Se trata de un centro público con horario diurno que alberga aproximadamente a 700 estudiantes desde 1º de la ESO hasta 2º de Bachillerato, ofreciendo tanto el primer como el segundo idioma en los primeros cursos. También cuenta con el Programa de Diversificación Curricular, cuyo objetivo es que los alumnos que presentan dificultades de aprendizaje promocionen y obtengan el título. En Bachillerato ofrece la rama de Ciencias de la salud, la Tecnológica y la de Humanidades y Sociales.

El centro también tiene varios planes y proyectos, todos ellos contemplados en su Programación Anual, entre los que destacar: el Plan de Convivencia llamado "Alumnos Ayuda" en respuesta a los desacuerdos y pequeñas peleas entre compañeros. Este consiste en formar a tres estudiantes por aula para que puedan mediar e intervenir en situaciones de conflicto entre sus compañeros. Por otro lado, está el Proyecto de Sostenibilidad "Un Pinar de la Rubia Sostenible", que tiene como objetivo sensibilizar sobre la importancia del medio ambiente a través de un proyecto colaborativo para el cual se destinan horas de tutoría. En cada nivel educativo se aborda un tema relacionado con la contaminación. Por ejemplo, en el caso de 4ºESO, es la contaminación sonora. Cada etapa proporciona información adicional sobre las diversas formas de contaminación, desafiando a los estudiantes a buscar soluciones y, en particular, a minimizarlas en el contexto más inmediato como es el instituto. Por último, el programa Releo, que permite que las familias reutilicen los libros de texto de otros alumnos de manera gratuita (IES Pinar de la Rubia, 2023).

En el **contexto educativo**, encontramos a:

El alumnado matriculado procede, en mayor parte del del CEIP Alonso Berruguete, lo que facilita la transición de la etapa de Primaria a Secundaria, ya que se encuentran en el mismo entorno y con compañeros conocidos. Conviven estudiantes de diversas edades y realidades socioeconómicas. Asimismo, cuenta con alumnos de etnia gitana e inmigrantes, en su mayoría provenientes de países europeos y latinoamericanos.

Los docentes, que son un elemento fundamental del contexto educativo. La mayoría de ellos poseen una gran trayectoria en la enseñanza y se esfuerza por adaptar la metodología a las características de los estudiantes. La diversidad existente dentro de la comunidad educativa es un aspecto positivo que enriquece a todos y promueve un ambiente agradable para educar en la tolerancia, el respeto de los valores y el diálogo, y el compañerismo.

Los padres. Predomina el modelo de familia nuclear, en donde ambos progenitores trabajan. Aunque se ha observado un incremento del número de familias monoparentales debido a el divorcio o la viudedad, en comparación con los últimos años. También, como en todo centro educativo, existe la Asociación de Madres y Padres (AMPA), que se encarga de coordinar las actividades fuera del horario escolar y el programa Releo.

En cuanto a las instalaciones del interior, el centro cuenta con una biblioteca, un gimnasio, laboratorios de Física, Química y Biología (con una capacidad máxima de 24 alumnos), dos aulas de Dibujo, un aula de Informática y una de Tecnología, dos aulas de música, dos talleres,

los departamentos y la sala de la radio escolar. Respecto al funcionamiento, las clases en el instituto se distribuyen en 6 sesiones de 50 minutos a lo largo de la mañana, comenzando a las 8:20 y terminando a las 14:10. Entre cada clase hay un descanso de 5 minutos, para el cambio de aula del profesorado y el alumnado. El recreo dura 25 minutos, dando comienzo la actividad lectiva a las 11:30, que corresponde con la cuarta hora.

5.2.3 El alumnado

Esta unidad didáctica está diseñada para los estudiantes de Biología y Geología de 4º ESO. El grupo consta de 24 alumnos con edades comprendidas entre los 15 y los 16 años. La mayoría han estado escolarizados en el centro desde el inicio de la etapa de secundaria, por lo que conocen las normas y el funcionamiento del centro.

En términos generales, estos estudiantes tienen buen comportamiento en el aula y, desde el punto de vista académico, demuestran un rendimiento satisfactorio. Sin embargo, se muestran desmotivados hacia la materia y poco participativos en las actividades académicas.

Además, en esta clase se encuentra una alumna con una adaptación metodológica no significativa en los exámenes y un alumno migrante procedente de Venezuela escolarizado en este curso por criterio de edad, pero con un nivel escolar muy bajo. Éste tiene un desarrollo cognitivo normal, pero presenta ciertos problemas de socialización y una falta de interés por el estudio. También se cuenta con un alumno repetidor, con la Biología y Geología suspensa. Por último, existe un alumno de 1º de Bachillerato de Ciencias Sociales que tiene la asignatura pendiente, por tanto, no acudirá a las clases y se le atenderá por otros medios, que son especificados en el apartado 5.8. Atención a la diversidad.

5.3 CONTENIDOS

Los contenidos hacen referencia, según el Ministerio de Educación, a los “conocimientos, destrezas y actitudes que constituyen los contenidos propios de un área y cuyo aprendizaje es necesario para la adquisición de las competencias específicas”.

La unidad didáctica “Nuestro DNI genético” abarca algunos de los contenidos del **Bloque C. Genética y evolución** que establece la legislación de la materia de Biología y Geología, los cuales se señalan a continuación (Junta de Castilla y León, 2022):

- Modelo simplificado de la estructura del ADN y del ARN y relación con su función y síntesis.

- Estrategias de extracción de ADN de una célula eucariota.
- Etapas de la expresión génica y de las características del código genético. Resolución de problemas relacionados con éstas.
- Ingeniería Genética: principales técnicas utilizadas y relevancia en el sistema de salud.

Tradicionalmente se distinguen tres tipos de contenidos:

- Conceptuales:** se refieren a hechos, datos de la realidad, nombres, características ...
- Procedimentales:** constituyen destrezas, técnicas y habilidades orientadas a la consecución del objetivo que deseamos que los estudiantes adquieran.
- Actitudinales:** hacen referencia a las normas, valores, actitudes ...

Tabla 3. Contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de la unidad: "Nuestro DNI Genético".

UD: "NUESTRO DNI GENÉTICO"		
CONTENIDOS		
Conceptuales	Procedimentales	Actitudinales
<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos nucleicos: estructura, tipos y función • Descubrimientos y experimentos • Replicación del ADN • Concepto de gen • Expresión génica: transcripción y traducción • Código genético • Biotecnología • Ingeniería genética: herramientas y técnicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Confeccionar el origami de la molécula de ADN • Extraer del ADN de plátano • Manejar los materiales de laboratorio en la extracción del ADN • Resolver actividades y problemas. • Identificar a partir de una secuencia de nucleótidos la secuencia de aminoácidos de una proteína. • Interpretar los resultados de una electroforesis • Utilización de las TIC para investigar sobre diferentes propuestas • Elaborar un póster para debatir y reflexionar sobre aspectos de la ingeniería genética • Responder por grupos a las preguntas del Trivial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender del papel de los ácidos nucleicos como componentes de la información genética • Reconocer el trabajo realizado para descubrir la estructura del ADN • Respetar las normas básicas de seguridad en el laboratorio • Valorar de la importancia de la utilización y el desarrollo de la ingeniería genética • Comprender los avances actuales en Genética Molecular y su impacto en la sociedad • Promover el trabajo colaborativo y cooperativo • Reconocer el Dogma central de la biología como un gran hito histórico

5.3.1 Los elementos transversales

Los elementos transversales son aquellos contenidos que se aprenden a lo largo de la unidad que no están contemplados en el currículo. Estos abordan problemas de la sociedad actual considerándose fundamentales para la formación integral del alumno.

Durante el desarrollo de la unidad, se abordarán aspectos transversales que están íntimamente relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030. Estos objetivos representan un llamamiento universal a la acción con el

propósito de erradicar la pobreza, preservar el planeta y mejorar la calidad de vida y las perspectivas de las personas a nivel mundial. A lo largo de la unidad didáctica se trabajarán transversalmente cinco ODS (Figura 6) con el fin de sensibilizar a los estudiantes sobre la importancia de asumir responsabilidades tanto individuales como colectivas para propiciar un cambio real en el mundo, transformándolo para que el futuro sea más sostenible y equitativo.

Figura 6. Iconos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que se trabajarán transversalmente en la unidad “Nuestro DNI Genético” (ONU, 2023).



Desde la unidad “Nuestro DNI Genético” se trabajarán los siguientes elementos transversales. Estos son los establecidos en el artículo 6.5 del Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo y en el artículo 10 del Decreto 39/2022 de 29 de septiembre:

Comprensión lectora y, la expresión oral y escrita. Dado que el aprendizaje de estas materias depende en buena medida de una buena comprensión lectora, será un aspecto muy trabajado en el día a día en clase, incidiendo especialmente en la comprensión del vocabulario científico. Por otro lado, también es fundamental que el alumno sea capaz de expresar sus conocimientos con corrección y fluidez, lo que también se trabajará constantemente en el día a día del aula. Todo ello contribuirá a la adquisición de la competencia lingüística.

La comunicación audiovisual y la competencia digital constituirán una herramienta de trabajo habitual en el día a día del aula. para algunas actividades será imprescindible su uso, ya que a lo largo de la unidad realizarán por grupos un póster o tendrán que ver vídeos explicativos... Fuera del aula también deben estar familiarizados con ellas, ya que TEAMS es una herramienta que permite la comunicación del docente con los alumnos, así como subirles los PowerPoint que utilice durante las clases para complementar con los contenidos del libro de texto.

El emprendimiento social y empresarial (ODS 9), se trabajará de forma implícita mediante la realización de trabajos “abiertos” (en el sentido que los alumnos sean quien deban diseñarlos) por grupos. Con ello también aprenderán a asumir riesgos en el sentido de que al implicarse en la realización de este puede que no salga perfecto, la necesidad de

coordinarse entre los miembros del grupo y de que alguno tenga que asumir el liderazgo el mismo. Y, por último, podrán valorar su propio éxito o fracaso como oportunidad para mejorar en los futuros proyectos.

La creatividad (ODS 9). Por un lado, se potenciará la creatividad artística en las tareas diarias como la construcción del origami de la molécula del ADN, el póster o cualquiera de las actividades que se llevarán a cabo en el aula. Y, por otro lado, se fomentará la creatividad científica intentando crear curiosidad por el temario a través de la resolución creativa de problemas o retos científicos.

Estos dos últimos aspectos, se relacionan con el ODS 9 al integrar la creatividad y el emprendimiento en algunas actividades de la unidad, en donde se prepara a los estudiantes para afrontar desafíos del futuro, fomentando su capacidad de adaptación, resolución de problemas y liderazgo en un mundo en constante cambio.

El fomento del espíritu crítico y científico. Principalmente, se trabajará mediante la lectura de artículos científicos, incidiendo en la importancia de verificar las fuentes de información. Así como, que aprendan a discriminar entre noticias verídicas y *fake news* y sean capaces de aplicar el pensamiento científico para desmitificar prejuicios o tradiciones sin fundamento real o validar las que si lo tienen.

Respeto mutuo y la cooperación entre iguales. Este elemento se trabajará día a día tomando como pilar básico el respeto en las relaciones humanas en el aula y en el resto del centro. Como, por ejemplo: respetando el turno de palabra, cuidando los materiales del centro, respetando las opiniones contrarias, fomentando la empatía y colaboración entre pares, etc.

La educación emocional y en valores (ODS 10). Además de lo comentado en el apartado anterior, en el día a día se fomentarán valores democráticos, de respeto a la igualdad de derechos entre las personas independientemente de su origen, raza, género, orientación sexual, etc. En el caso de la educación emocional, aunque se trabajará en profundidad en las horas de tutoría, se complementará en el resto de material recalcando la importancia del respeto a la expresión emocional cuando existan situaciones en el aula que así lo requieran.

La igualdad de género (ODS 5). En la práctica diaria se predicará con el ejemplo con las actuaciones del docente quien corregirá actitudes machistas que puedan surgir entre los alumnos. Sobre todo, en aquellas unidades relacionadas con la Genética que hagan referencia a las diferencias físicas o genéticas entre sexos insistiendo en el matiz de que

estas diferencias no tienen que suponer diferencias en los derechos, libertades u oportunidades.

Salud y Bienestar (ODS 3), ya que tanto la Genética Molecular como la Ingeniería Genética están estrechamente relacionadas con la salud permitiendo comprender mejor las enfermedades, las terapias génicas, la producción de alimentos, etc...

Y, por último, el ODS 13 se tratará brevemente en el apartado de las aplicaciones de la Biotecnología. El objetivo es permitir que el alumnado comprenda por qué ciertos procesos condicionan el futuro del planeta, como puede ser: el cambio climático, la contaminación de los suelos, el consumo de combustibles fósiles. Ofreciendo la oportunidad de que realicen una reflexión crítica sobre ellas, valoren su importancia y actúen en consecuencia.

5.3.2 La interdisciplinariedad

Se entiende por interdisciplinariedad la interacción entre varias disciplinas. El aprendizaje interdisciplinar permite al alumno comprender un tema desde diferentes perspectivas, lo que facilita una comprensión más profunda y holística de los conceptos.

De las asignaturas de 4º ESO, a continuación, se expone aquellas que podrían tener interdisciplinariedad con el temario de esta unidad:

- La Genética Molecular guarda una gran relación con algunos conceptos estudiados en la asignatura Física y Química, como son: los tipos de enlaces químicos y, la estructura atómica y molecular de la materia; conocimientos fundamentales para una mejor comprensión de la estructura química de los ácidos nucleicos (ADN y ARN).
- También podría vincularse con una de las optativas de este nivel: la Cultura Científica, ya que según el Decreto 39/2022 aprenden a través de las TIC a buscar y seleccionar información para realizar trabajos científicos (bloque A).

Al fomentar el aprendizaje interdisciplinario con otras materias, se potencia el desarrollo de habilidades transversales, así como permite a los estudiantes obtener una visión más completa y global de la materia, favoreciendo su comprensión e interconexión de las distintas áreas del conocimiento.

5.4 OBJETIVOS

Las metas educativas planteadas en esta propuesta didáctica se centran en los objetivos de enseñanza que guían la labor del docente, sirviendo como base para estructurar las sesiones y elaborar los recursos didácticos requeridos para alcanzar de manera efectiva los objetivos de aprendizaje.

5.4.1 Objetivos de aprendizaje

Mediante esta unidad, se espera que los alumnos alcancen los siguientes objetivos (en orden según la explicación de los contenidos):

- ★ **Conocer** quiénes y cómo se descubrieron los ácidos nucleicos.
- ★ **Reconocer** la estructura, la función y los tipos de ácidos nucleicos.
- ★ **Describir** los procesos mediante los que se replica el material genético.
- ★ **Entender** correctamente el concepto de gen.
- ★ **Extraer** el ADN de las células del plátano empleando una técnica sencilla.
- ★ **Reconocer** los procesos que ocurren para que se lleve a cabo la extracción del ADN.
- ★ **Utilizar** correctamente el material de laboratorio.
- ★ **Describir** los mecanismos bioquímicos de la expresión génica.
- ★ **Interpretar** el código genético.
- ★ **Explicar** las principales herramientas y técnicas de la Ingeniería Genética
- ★ **Aplicar** los conocimientos de la manipulación de genes para realizar una actividad práctica.
- ★ **Identificar** las ventajas y desventajas de las técnicas de Ingeniería Genética
- ★ **Comprender** las consecuencias éticas de Ingeniería Genética.
- ★ **Ejemplificar** aplicaciones de la Biotecnología.
- ★ **Analizar** con un pensamiento crítico las fuentes de información.
- ★ **Diseñar** un póster sobre una propuesta.
- ★ **Conocer** el procedimiento de la clonación y cuáles son sus implicaciones.

- ★ **Realizar** problemas sobre la huella genética.

5.5 COMPETENCIAS CLAVE

En el Artículo 2 del Real Decreto 217/2022, las competencias claves se definen como los “desempeños que se consideran imprescindibles para que el alumnado pueda progresar con garantías de éxito en su itinerario formativo, y afrontar los principales retos y desafíos globales y locales”. Para la evaluación de la propuesta didáctica se tendrán en cuenta algunas de las competencias clave descritas a continuación:

Competencia en comunicación lingüística (CCL): trabaja la comprensión oral y escrita. Así como fomenta la comunicación y transmisión eficaz, colaborativa y respetuosa, en la que se emplea la terminología científica adecuada.

Competencia plurilingüe (CP): tiene como objetivo promover el uso de distintas lenguas, concretamente el inglés ya que la mayoría de las publicaciones científicas que se utilizan como fuente de información son en esta lengua.

Competencia matemática y competencia en Ciencia, Tecnología e Ingeniería (STEM): adquirir conocimientos y habilidades que les permita comprender y explicar cómo funciona el entorno natural.

Competencia digital (CD): promueve el uso de las TIC, instruyendo a la hora de recabar y contrastar la información, con un enfoque crítico y garantizando la seguridad en dicho proceso.

Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA): esta competencia tiene como base la motivación intrínseca del sujeto. Consiste en fomentar que los alumnos encuentren placer al aprender, explorar y descubrir nuevos conocimientos. El carácter experiencial que presenta la Biología y la Geología contribuye en el desarrollo de la curiosidad del estudiante.

Competencia ciudadana (CC): se refiere a la capacidad de los individuos para comprender, participar y contribuir de manera efectiva en la sociedad en la que viven. Esto implica tener conocimientos, habilidades y actitudes que les permitan ejercer sus derechos y cumplir con sus responsabilidades como ciudadanos, así como también involucrarse de manera activa en la vida democrática y en la resolución de problemas comunes.

Competencia emprendedora (CE): implica el desarrollo de habilidades y actitudes que permitan a los estudiantes identificar oportunidades, innovar y llevar a cabo proyectos creativos e innovadores.

Competencia en conciencia y expresión culturales (CCEC): se promueve entre los estudiantes la comprensión y la valoración inherente de su entorno, mediante el reconocimiento del patrimonio natural y cultural.

Cada una de las competencias clave queda definida por determinados descriptores operativos, estos hacen referencia a los desempeños concretos que el alumnado debe desarrollar al final de la etapa educativa (es decir, el Perfil de salida).

Ahora bien, como es lógico no todos los descriptores operativos contribuyen por igual en todas las asignaturas. Para ello, se han definido una serie de competencias específicas como segundo nivel de concreción de las competencias clave, y que concretan los descriptores operativos para una materia en concreto. De acuerdo en lo establecido en el Real Decreto 217/2022, “Las competencias específicas son desempeños que el alumnado debe poder desplegar en actividades o en situaciones cuyo abordaje requiere de los saberes básicos de cada materia o ámbito”. Estas conectan por una parte las competencias clave y, por otra, los contenidos de la asignatura (en este caso los de la unidad didáctica) y los criterios de evaluación. Por consiguiente, al llevar a cabo la evaluación de estas competencias específicas, las cuales se encuentran determinadas por los descriptores operativos de las competencias clave, se puede inferir que la evaluación de las competencias específicas implica también la evaluación de las competencias clave.

En la asignatura de Biología y Geología en la ESO, se identifican un total de seis competencias específicas. Las dos primeras competencias se enfocan en desarrollar la capacidad de los estudiantes para analizar y, interpretar información científica de manera crítica. Las competencias 3 y 4 promueven habilidades de trabajo en proyectos científicos que implican razonamiento y pensamiento lógico. Y, por último, las competencias 5 y 6 buscan fomentar una actitud responsable hacia el medio ambiente, a través de la adopción de hábitos de vida saludables y sostenibles para el individuo y su entorno (Junta de Castilla y León, 2022).

En el apartado 5.7. Evaluación, la Tabla 8 interrelaciona: los contenidos, los criterios de evaluación que se evalúan de cada una de las competencias específicas que se trabajarán en la

unidad, los indicadores de logro y, por último, los descriptores operativos que encajan dentro de nuestra propuesta.

5.6 METODOLOGÍA DIDÁCTICA

En términos generales, varios autores definen la metodología didáctica como la "forma de enseñar". Con un enfoque más científico, se podría definir como "las estrategias de enseñanza con base científica que el profesor emplea en el aula con el fin de que sus estudiantes adquieran determinados aprendizajes" (Fortea Bagán, 2019).

5.6.1 Principios metodológicos

Como ya se ha explicado anteriormente, esta unidad se basa en el modelo constructivista y los principios metodológicos mencionados en el apartado 4. Marco teórico. Principalmente, se utilizará una metodología que promueva el aprendizaje activo y participativo en donde no solo se trabajen contenidos teóricos sino también los procedimentales y actitudinales que se muestran en el apartado 5.3. Saberes básicos.

5.6.2 Orientaciones metodológicas

Para la creación de la propuesta didáctica se han tenido en cuenta las siguientes características del modelo constructivista para la enseñanza de la Genética (Íñiguez Porras & Puigcerver Oliván, 2013):

- I. Análisis de las ideas previas de los alumnos y, posterior exposición de los resultados y discusión en el aula.
- II. El docente debe proponer actividades que fomenten el cambio conceptual en el estudiando en donde se creen conflictos cognitivos que les permitan construir a partir de las ideas previas los nuevos conocimientos.
- III. La utilización de modelos tridimensionales de la molécula del ADN (Pashley, 1994).
- IV. Uso de ejemplos o analogías que permitan al alumnado comprender mejor el temario.

- V. Combinar las clases expositivas con esquemas, mapas conceptuales, dibujos, imágenes o animaciones para facilitar la comprensión del alumno.
- VI. Integrar actividades basadas en la resolución de problemas planteándolos como un proceso de investigación.
- VII. Tener en cuenta la actitud de los alumnos y plantear actividades que promuevan la motivación intrínseca de éstos hacia la Genética Molecular y la Ingeniería Genética.

5.6.3 Estrategias metodológicas

Hace referencia a la pauta de intervención decidida por el profesor para realizar en el aula. En el caso de la unidad didáctica “Nuestro DNI Genético” se utilizarán:

Para analizar las ideas previas de los estudiantes, una plataforma de **aprendizaje mixto basado en el juego**, Bloocket, una aplicación que permite realizar cuestionarios con respuesta verdadero-falso, multirrespuesta o respuesta abierta. La ventaja de utilizar esta aplicación es que facilita el análisis de los datos ahorrando tiempo al docente. Por otra parte, se obtiene un informe resumido con el porcentaje de alumnos que contesto correcta o erróneamente. Además, es posible observar las respuestas individuales de cada alumno, incluso saber el tiempo que tardaron en responder a la pregunta. Al tratarse de un recurso digital, permite que los alumnos vean en directo sus aciertos y fallos, fomentándose también la competencia positiva que hace que presenten más atención.

El **aprendizaje expositivo**: consiste en ofrecer a los estudiantes la información clave y relevante de manera organizada para facilitar la comprensión de los contenidos. Además, ayuda a promover el uso de lenguaje científico característico de la asignatura. Aunque no debería basarse toda la unidad en torno a esta metodología tradicional sí que se cree que es útil en temas difíciles de comprender en lo que es conveniente una introducción (Santiago Ylarri, 2012).

A lo largo de esta propuesta también se utilizará el aprendizaje expositivo, solo que se complementará con presentaciones de PowerPoint visuales y la **enseñanza basada en preguntas**. Ésta tiene como objetivo “ayudar a los estudiantes a entender y estimular que piensen”, así como fomentar la participación de los alumnos. Gracias a ella, el profesor podrá dirigir el aprendizaje de sus estudiantes (Jerez, 2015). Se diferencian tres tipos de preguntas: de conocimiento, de razonamiento y de un problema (Tabla 4).

Tabla 4. Objetivos de los diferentes tipos de preguntas y, ejemplos de cada una de ellas con el temario de esta unidad.

	PREGUNTA DE CONOCIMIENTO	PREGUNTA DE RAZONAMIENTO	PREGUNTA PROBLEMA
OBJETIVO	Expresan y ordenan correctamente los contenidos vistos en clase.	Distinguen o establecen relaciones entre los contenidos vistos en clase.	Elaborarán, reflexionan y presentan pensamiento crítico frente a problemas relacionados con los contenidos
EJEMPLO	¿Qué es el ADN y cuál es su función en la célula?	¿Cómo se puede explicar la relación entre un gen y una proteína?	¿Qué implicaciones éticas crees que tiene la modificación genética en la agricultura y en la alimentación?

Para explicar algunos contenidos de la unidad, se empleará el *Flipped learning*. El estudiante debe adquirir la información y convertirla en un tipo de conocimiento que le resulte útil y significativo para él (Asunción, 2019). A través de videos o artículos que los alumnos visualizarán o leerán en casa y, que posteriormente explicarán y discutirán en clase de manera conjunta. Estos recursos estarán a disposición de los alumnos en el campus virtual del centro o en TEAMS con anterioridad a la sesión.

El **aprendizaje experimental**, como son las prácticas de laboratorio, permite que los alumnos comprendan cómo se construye el conocimiento científico, cómo se trabaja, qué valores mueve la ciencia y cómo ésta se relaciona con la vida cotidiana. Además, no solo fomentan que el estudiante verifique a través de la práctica los conocimientos que ha aprendido, sino que también despierta y desarrolla la curiosidad de estos (López Rua et al., 2012).

Dos de las actividades de la unidad se enmarcan dentro del **PBL**. En ellas, los alumnos deberán identificar, describir, analizar y resolver problemas. El docente será el facilitador y orientador durante toda la actividad. Los alumnos, por su parte, serán los protagonistas y tendrán que colaborar entre ellos para encontrar la solución (Villalobos-López, 2022a). Además, en esta unidad los alumnos realizarán un proyecto por grupos, un póster, siguiendo la metodología del **ABP**.

A lo largo de esta unidad se impartirán los contenidos de Genética Molecular e Ingeniería Genética mediante un juego de investigación basado en el “Cluedo”. A medida que se vayan impartiendo las diferentes sesiones habrá una parte de la sesión que se dedicará a un “mini reto” o actividad con el temario dado ese día. Superarlo supondrá conseguir puntos que necesitarán para el último día ser ellos quienes resuelvan el misterioso asesinato. En cada sesión

también se les aportará dos pistas sobre alguno de estos aspectos: quién, con qué y el lugar del asesinato.

Por ello, toda la unidad estará **gamificada** ya que los alumnos ganarán puntos a medida que realizan las distintas actividades (refuerzo positivo). Al mismo tiempo, ésta se basa en el **aprendizaje basado en juegos** porque se utiliza la dinámica del Cluedo como hilo conductor que mantiene la motivación de los alumnos.

Para terminar, algunas de las clases, principalmente aquellas que presenten contenidos más complejos, se utilizará **One Minute Paper (OMP)**, que fomenta el razonamiento crítico y la capacidad de autoevaluación de los estudiantes (Jerez, 2015). Tiene una duración de 1 a 5 minutos, donde los alumnos responderán a dos preguntas en un papel:

- ¿Qué aprendí en esta clase?
- De la clase de hoy ¿qué ha sido lo más confuso?, ¿qué dificultades ha tenido respecto a algún tema en particular?

Esta actividad permite a los alumnos dar un *feedback* al docente. Con ello, podrá planificar la próxima clase hacia aquellos contenidos que más dudas crean en el estudiando.

5.6.1 Materiales y recursos, agrupamientos y espacios

Materiales y recursos

- Libro de texto: Edición Santillana, ISBN-9788414101704 .
- Presentaciones PowerPoint, que estarán a disposición del alumnado en la plataforma virtual del centro.
- Los medios audiovisuales del centro: cañones proyectores o pizarras digitales.
- Pizarra de tiza.
- Conexión Wifi.
- Material de laboratorio (vaso de precipitados, papel de filtro, probeta, agua destilada, tubos de ensayo y balanza)
- Book de detective en prácticas (Anexo II)
- Recursos digitales: vídeos, artículos ...

Agrupamiento

El agrupamiento entre el alumnado será flexible y diferente según el tipo de actividad que se esté llevando a cabo:

Individual: en donde cada alumno, de forma autónoma, debe interiorizar aprendizajes, memorizar, etc. Implica el desarrollo de hábitos de estudio (aprender a planificar el trabajo, rentabilizar el tiempo y realizarlo en un ambiente idóneo) y desarrollar técnicas de trabajo intelectual (aprender a subrayar o resumir, comprensión lectora, técnicas de recogida de información, etc.).

Parejas: dos estudiantes colaboran para completar una tarea, resolver un problema o aprender un nuevo concepto juntos.

En **equipo:** en esta unidad estarán formados por grupos de 4 personas: se pretende aprovechar los efectos positivos de trabajar en grupo sobre los procesos cognoscitivos de los alumnos y, sobre todo, su motivación por aprender. El trabajo cooperativo no es solo poner a los alumnos en la misma mesa si no que implica una interdependencia positiva entre ellos. Además, requiere de capacidades sociales que deben enseñarse y practicarse en la escuela como “saber escuchar”, “ponerse en el punto de vista de los otros”, “respetar el turno de palabra”. En este enfoque cooperativo se destaca el trabajo en equipo por encima de los individuos que lo conforman, considerándolos como iguales en todos los aspectos. Sin embargo, en los colaborativos se valoran y fomentan los logros y fortalezas de cada uno de los miembros del equipo. En este caso se asignarían roles que cada miembro debería realizar para cumplimentar la actividad.

Espacios

El **aula magistral** es aquel en el que se imparten la mayoría de las asignaturas de esta clase de 4º ESO. Generalmente, las mesas se encuentran por parejas distribuidas en tres filas, aunque en casos excepcionales (como son los exámenes) se encontrarán individualmente.

El **laboratorio** de Biología y Geología presenta una capacidad máxima de 24 alumnos y tiene dos fregaderos para limpiar el material con el que se ha trabajado. En cuanto a los recursos se encuentra equipado por microscopios, papel de filtro, morteros, pipetas, vasos de precipitados, maquetas, mapas geológicos, colecciones de minerales, rocas y fósiles, etc.

Y, por último, el **aula de ordenadores**, que cuenta con 25 ordenadores. Este aula se deberá reservar con antelación al inicio de la unidad ya que será necesaria para el primer día poder realizar el cuestionario de ideas previas y para las sesiones de preparación del póster sobre Biotecnología.

5.6.2 Organización, secuenciación y temporalización de los contenidos.

Mediante la temporalización, buscamos que todas nuestras previsiones de trabajo se adapten de manera efectiva al tiempo disponible para la programación que estamos llevando a cabo. Es esencial tener en cuenta que la temporalización propuesta es meramente orientativa, y la flexibilidad en su ejecución debe ser un principio fundamental. No debemos olvidar que el aprendizaje por competencias requiere de períodos extensos de trabajo.

En 4º ESO para la asignatura de Biología y Geología se disponen de cuatro horas semanales (lunes, martes, miércoles y viernes). Teniendo en cuenta esto, esta unidad didáctica se impartirá al inicio del segundo trimestre del curso durante las tres primeras semanas (13 sesiones), con sesiones de 50 minutos cada una. En la Tabla 5 se muestra el calendario del mes de enero, en donde se puede observar que la primera sesión es el día 8 y la última el viernes 23.

Tabla 5. Horario de las sesiones de la unidad: "Nuestro DNI Genético"

Enero		2024				
Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab
	1	2	3	4	5	6
Fin del 1º Trimestre	8 S1	9 S2	10 S3	11	12 S4	13
14	15 S5	16 S6	17 S7	18	19 S8	20
21	22 S9	23 S10	24 S11	25	26 S12	27
28	29 S13	30	31			

En cuanto a la organización de las sesiones, en la Tabla 6 se relacionan cada sesión con: los contenidos que se explicarán ese día, la metodología docente utilizada, las actividades que se realizarán y, por último, los recursos necesarios para llevarla a cabo.

Tabla 6. Cronograma de la unidad didáctica: “Nuestro DNI genético”. Abreviaturas: ABP (Aprendizaje Basado en Proyecto), ADN (Ácido Desoxirribonucleico), GBL (en inglés Game-based learning, Aprendizaje basado en juegos), OMP (One Minute Paper), PBL (Aprendizaje Basado en Problemas)

SESIÓN	CONTENIDOS PRINCIPALES	METODOLOGÍA	ACTIVIDADES ASOCIADAS	
1	Introducción de cómo será el desarrollo de la unidad + Análisis de las ideas previas	G A M I F I C A C I Ó N	Aprendizaje expositivo GBL <i>Flipped classroom</i>	Introducción cluedo Bloocket: cuestionario de ideas previas Artículo descubrimiento del ADN
2	Los ácidos nucleicos		Aprendizaje expositivo Enseñanza basada en preguntas	Reto: Origami de la molécula de ADN
3	Replicación del ADN El concepto de gen		Aprendizaje expositivo <i>Flipped classroom</i>	Animación de la replicación del ADN Vídeo de experimentos de Griffin y Avery.
4	Práctica de extracción del ADN		Aprendizaje experimental	Práctica de laboratorio: extracción del ADN de una célula vegetal
5	La expresión génica		Aprendizaje expositivo GBL	Sudokus genéticos
6	Ingeniería genética		Aprendizaje expositivo PBL	Reto: Enzimas de restricción
7	Huella genética		PBL OMP	Reto: Huella genética
8	Aplicaciones Biotecnología e Ingeniería Genética		ABP	Preparación del póster
9	Aplicaciones Biotecnología e Ingeniería Genética		ABP	Preparación del póster
10	Exposición de los pósteres		ABP OMP	Exposición y coevaluación
11	Exposición de los pósteres		ABP OMP	Exposición y coevaluación
12	Todos		GBL	Trivial Solución del cluedo Resolución de dudas examen
13	Todos excepto las aplicaciones de la Biotecnología e Ingeniería Genética	Prueba de contenidos	Examen	

ACTIVIDADES

Como se menciona en el apartado 5.6.3 Estrategias metodológicas, se va a utilizar un Cluedo como hilo conductor para toda la unidad. Este seguirá la misma dinámica que en el propio juego de mesa. En la primera sesión se bajarán los tres mazos de manera independiente (los sospechosos, las armas y los lugares). En un sobre (que no se abrirá hasta la penúltima sesión) se introducirán una carta de cada mazo. A partir de ahí, al final de cada sesión (desde la 2 a la 9) los alumnos obtendrán dos cartas que les ayudarán a descartar a los distintos sospechosos, armas y habitaciones (recompensa fija). Posteriormente, la dinámica del juego consistirá en que cada día visitarán una de las “habitaciones” del juego, en donde se impartirán unos contenidos y se realizarán una actividad o reto. También existirán recompensas aleatorias (estas serán puntos que los alumnos conseguirán al participar en clase, tener una actitud positiva, ayudar a sus compañeros, y realizar de manera excelente las actividades) que asignará el docente según su criterio. Y, por último, al final de la unidad (en la sesión 12) la pareja que tenga más puntos tendrá el privilegio de resolver el crimen frente a sus compañeros.

VESTÍBULO

Sesión 1: Aula de informática.

El primer día se empezará la clase realizando una introducción y explicación de cómo se va a desarrollar la unidad. Se definirán claramente los objetivos, las actividades, la evaluación y la metodología que se empleará a lo largo de la misma. En esta primera parte, por tanto, también se comentará cuáles son las normas del Cluedo, como irán consiguiendo los puntos y las pistas necesarias para descubrir al asesino. La investigación comenzará con el email que contextualiza el asesinato (Anexo II, página 59).

Para conocer las ideas previas de los alumnos realizarán un cuestionario con la aplicación Bloocket (las preguntas serán similares a las de la encuesta de ideas previas de la justificación experimental). Posteriormente, se resolverán y discutirán los resultados del cuestionario.

El final de la sesión se dedicará a que los alumnos expliquen, guiados por preguntas que irá realizando el docente, el artículo que debían leer en casa (*flipped learning*) y que se puso a su disposición en el aula virtual. En él se explicará la historia de cómo se descubrieron los ácidos nucleicos, concretamente la estructura del ADN.

Recursos Campus virtual:

- Artículo sobre el descubrimiento de la estructura del ADN: https://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/archivos_10/la-dama-ausente-rosalind-franklin.pdf

SALA ROSALIND

Sesión 2: Aula habitual.

A partir de este día se comenzará con el temario, desde los contenidos más específico a lo más general. La explicación de los ácidos nucleicos seguirá una metodología expositiva a la vez que una enseñanza basada en preguntas como hilo conductor de la explicación. Además, el PowerPoint será llamativo con imágenes visuales y representativas.

El tiempo restante deberán construir la molécula de ADN con las instrucciones del Book (Anexo II, página 61). En el origami cada pareja tendrá una secuencia de bases, deberán escribir la complementaria, colorear adecuadamente y plegar hasta que se obtenga la doble hélice. Y, por último, como tarea para casa deberán visualizar un vídeo en donde se explican los experimentos que llevaron a demostrar que la molécula que contenía el material genético era el ADN.

Sesión 3: Aula habitual.

En esta sesión, primero se explicará la replicación del ADN apoyándose en la pizarra de tiza y, en imágenes visuales y representativas del PowerPoint. Después, se dedicarán un tiempo a que los alumnos expliquen los experimentos de Griffith y Avery (*flipped learning*). Para terminar con la teoría, brevemente se explicarán y diferenciarán los conceptos de: gen, genoma y carácter. Si sobra tiempo se dedicará a la realización de las actividades para afianzar los contenidos (Anexo III) dados hasta ahora, ejercicios del 1 al 6.

Recursos Campus Virtual:

- Vídeo de cómo hacer el Origami - <https://www.youtube.com/watch?v=0jOapfqVZlo>
- Vídeo con la explicación de los experimentos que demuestran que el portador de la información genética es el ADN - <https://www.youtube.com/watch?v=ULjk2z6K2Zo>

LABORATORIO

Sesión 4: Laboratorio de Biología y Geología.

Para esta clase los alumnos se desplazarán hasta el laboratorio del departamento (previo aviso del docente, en la sesión anterior). Primero, se proyectará un vídeo sobre las normas de seguridad del laboratorio. Después se explicará el paso a paso de la extracción del ADN, concretamente del plátano, de manera general ya que los alumnos tienen el procedimiento detallado en el Book (Anexo II, página 63). El objetivo es ver cómo se desenvuelven en el laboratorio, razonan y sacan conclusiones de la práctica.

Recursos Campus Virtual:

- Normas de seguridad - <https://www.youtube.com/watch?v=6hTIQ2IP29c>
- Laboratorio virtual - <https://learn.genetics.utah.edu/content/labs/extraction/> (como recurso adicional para que los alumnos repasen o comprendan mejor este procedimiento).

CAJA FUERTE

Sesión 5: Aula habitual.

En esta sesión los alumnos aprenderán la expresión de la información genética, es decir, los procesos de transcripción y traducción, y el código genético. Como reto, en el Book los alumnos deberán resolver cuatro sudokus genéticos (Anexo II, página 64). Después, crearán su propio sudoku que se intercambiarán con otra pareja de la clase para repasar.

Recursos Campus Virtual:

- Dogma central de la biología (refuerzo de los contenidos vistos en el aula, además de preguntas para repasar) - <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/translation/a/intro-to-gene-expression-central-dogma>
- Vídeo Código genético - <https://www.youtube.com/watch?v=32GEhgVXVEw>

ESTUDIO

Sesión 6: Aula habitual.

En primer lugar, se explicará la parte teórica sobre la Ingeniería Genética necesaria para que puedan realizar el reto de la fábrica de insulina sin ningún problema (Anexo II, página 65). En él, los alumnos a través de la práctica simularán el proceso industrial mediante el que se obtiene la insulina que se inyectan los diabéticos y aprenderán que son las enzimas de restricción, los plásmidos y las ADN ligasas, a través de la experiencia.

Recursos Campus Virtual:

- Vídeo Ingeniería Genética (inglés) - <https://youtu.be/nfC689EIUVk>

INVERNADERO

Sesión 7: Aula habitual.

Para esta sesión los alumnos trabajarán durante la hora entera para resolver una prueba de paternidad, aprendiendo con ello en qué consiste la técnica de la PCR y la electroforesis en gel de agarosa (Anexo II, página 69). Para finalizar esta sesión, se resolverán las cuestiones finales de este reto entre todos. Por último, se utilizará la metodología OMP para que el docente tenga un *feedback* de los contenidos que los alumnos están aprendiendo o más les están interesando, así como aquellos más complicados y no han quedado claros.

Recursos Campus Virtual:

- Artículo sobre la PCR - <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/biotechnology/a/polymerase-chain-reaction-pcr>
- Laboratorio virtual – (PCR: <https://learn.genetics.utah.edu/content/labs/pcr/>), (Gel electroforesis: <https://learn.genetics.utah.edu/content/labs/gel/>).

BIBLIOTECA

Sesión 8 y 9: Aula de informática.

Durante estas dos sesiones los alumnos trabajarán en un proyecto, la elaboración de un póster sobre temas relacionados con la Biotecnología e Ingeniería Genética. Los grupos se dejará que los formen los alumnos, siempre que las parejas que trabajan como “detectives en prácticas” se mantengan unidas. Al estar ya en 4º ESO, se les darán nociones básicas sobre cómo realizar una búsqueda bibliográfica y diferenciar las *fake news*. Pero serán ellos mismos

quiénes se encarguen de encontrar la información y crear el concepto del póster. Fomentándose con ello, la creatividad, la originalidad, la capacidad de síntesis y dominio de la información.

SALÓN DE ACTOS

Sesión 10 y 11: Aula habitual.

En estos dos días se realizará la exposición de los 6 pósteres. Cada uno durará 10-15 minutos y después habrá un turno de preguntas por parte del profesor y de los alumnos. El docente comentará en cada uno de los pósteres algún aspecto que pueda tener varios puntos de vista para crear un pequeño debate en el aula. Posteriormente, de manera individual se coevaluarán entre ellos a través de una rúbrica que encontrarán en el Book (Anexo II, página 73). Por último, se realizará la metodología OMP.

SALA DE JUEGOS

Sesión 12: Aula habitual.

Este día se repasarán durante los primeros 30 minutos de clase los contenidos aprendidos a lo largo de la unidad a través de un trivial en Genially. Después, se hará el último recuento de puntos. La pareja con mayor puntuación será la que resolverá el crimen, abriéndose el sobre que el primer día se cerró, para comprobarlo. El tiempo restante, se utilizará para resolver dudas, aclarar conceptos o repasar a través de actividades del Anexo III.

PRUEBA FINAL

Sesión 13: Aula habitual.

Se cambiará la disposición de las mesas en el aula, de dos en dos a filas individuales para la realización del examen (Anexo IV). Los alumnos tendrán 50 minutos para hacerlo, pudiendo preguntar dudas al profesor durante el transcurso de la prueba.

5.7 EVALUACIÓN

La evaluación de los aprendizajes del alumnado nos permite conocer si los alumnos están alcanzando los objetivos y las competencias propuestas en esta unidad. Según el Real Decreto 217/2022, en la ESO esta será “formativa, continua e integradora”. Por tanto, no se evalúa para certificar con una calificación si no para que los alumnos mejoren, aprendan.

Los criterios de evaluación son los referentes que indican los niveles de desempeño esperados en el alumnado en actividades a las que se refieren las competencias específicas de cada área en un momento determinado de su proceso de aprendizaje (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022). Estos se desglosan en indicadores de logro evaluables, que deben ser observables y medibles para poder valorar el desarrollo competencial (Tabla 8)

En esta unidad, el póster, las actividades, el Book son algunos de los instrumentos utilizados, que evidencian la adquisición de los aprendizajes que se describen en los criterios de evaluación. Según el Real Decreto 217/2022 estos serán variados, diversos, accesibles permitiendo la valoración objetiva del alumnado y, atendiendo a la diversidad del aula.

Para conocer el nivel de desempeño de los estudiantes se utilizan los instrumentos de evaluación, es decir, las producciones que evidencian la adquisición de los aprendizajes que se describen en los criterios de evaluación (Tabla 7). Según lo dispuesto en la ley estos serán variados, diversos y accesibles permitiendo la valoración objetiva del alumnado y, la atención a la diversidad del aula. Los docentes para registrar y analizar la información utilizan herramientas (Tabla 7).

Como resultado final del proceso de evaluación llegaremos a una calificación numérica que reflejará el rendimiento académico del alumno. Esta será la suma de las notas obtenidas en cada una de las actividades de la unidad, que en ningún caso, podrá superar los 10 puntos. La evaluación continua tendrá en cuenta el progreso y la evolución personal de cada alumno a lo largo de la unidad. De esta manera, también se podrá identificar dificultades o necesidades específicas de los alumnos.

Tabla 7. Criterios de calificación de la unidad didáctica relacionados con el instrumento y la herramienta de evaluación utilizada. Abreviaturas: NE (no evaluable).

INSTRUMENTO	HERRAMIENTA	CRITERIOS DE CALIFICACIÓN
Análisis de las ideas previas	Cuestionario	NE
Examen	Análisis del contenido (Anexo IV)	55%
Book	Lista de control de actividades (Tabla 9)	25%
Póster	Rúbrica de coevaluación (Anexo II, página 75)	10%
Repaso: trivial	Cuestionario	NE
Evaluación continua	Observación (participación, actitud, actividades repaso)	10%

Tabla 8. Se interrelacionan los contenidos de la unidad didáctica “Nuestro DNI Genético” con los criterios de evaluación y sus descriptores operativos asociados. Y, por último, la relación con los indicadores de logro. Abreviaturas: ADN (Ácido desoxirribonucleico), ARN (Ácido ribonucleico). Las abreviaturas de los descriptores operativos se encuentran en: (BOE-A-2022-4975, 2022)

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	DESCRIPTORES OPERATIVOS	INDICADORES DE LOGRO
Modelo simplificado de la estructura del ADN y del ARN y relación con su función y síntesis.	1.1 Analizar conceptos y procesos relacionados con los contenidos de Biología y Geología interpretando y organizando la información en diferentes formatos (textos, modelos, gráficos, tablas, esquemas, símbolos, páginas web, entre otros).	STEAM2, STEAM4	<ul style="list-style-type: none"> • Cita los componentes de los ácidos nucleicos. • Realiza una tabla con las similitudes y diferencias entre el ADN y ARN • Profundiza en la estructura del ADN y ARN utilizando diversas fuentes, confiando en el conocimiento derivado del método científico como motor de desarrollo. • Reconoce el trabajo realizado para descubrir la estructura del ADN. • Describe los procesos mediante los que se replica el material genético.
	2.1 Resolver cuestiones y profundizar en aspectos relacionados con los contenidos de la materia Biología y Geología, localizando, seleccionando, organizando y analizando críticamente la información de distintas fuentes citándolas con respeto por la propiedad intelectual, explicando los fenómenos naturales confiando en el conocimiento derivado del método científico como motor de desarrollo.		
	2.3 Valorar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella destacando el papel de la mujer y entendiendo la investigación como una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución, no dogmática e influida por el contexto político y los recursos económicos, que es totalmente necesaria para comprender los fenómenos naturales que nos rodean y que contribuye a la mejora ética, innovadora y sostenible de nuestra sociedad, no solamente en términos económicos, sino también en una dimensión cultural, social e incluso personal.	CC3, CE1	
Estrategias de extracción de ADN de una célula eucariota.	3.3. Realizar experimentos y tomar datos cuantitativos o cualitativos sobre fenómenos biológicos y geológicos utilizando los instrumentos, herramientas, métodos y técnicas adecuadas con corrección y precisión, identificando variables, controles y limitaciones y valorando su posible impacto sobre el entorno	STEAM2, STEAM4	<ul style="list-style-type: none"> • Comprende los principios químicos para extraer ADN de una célula vegetal en el laboratorio • Interpreta el resultado obtenido en la práctica.
Etapas de la expresión génica y de las características del código genético. Resolución de problemas relacionados con estas.	1.1 Analizar conceptos y procesos relacionados con los contenidos de Biología y Geología interpretando y organizando la información en diferentes formatos (textos, modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, mapas conceptuales, símbolos, libros o páginas web, entre otros) y/o en idiomas diferentes, procedentes de fuentes de información fiables, manteniendo una actitud crítica, obteniendo conclusiones y formando opiniones propias fundamentadas evitando la propagación y consolidación en la sociedad de ideas sin fundamento científico relacionadas con los contenidos de Biología y Geología.	STEAM2	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza conceptos relacionados con el código genético: la expresión génica. • Identificar a partir de una secuencia de nucleótidos la secuencia de aminoácidos de una proteína. • Resuelve problemas sencillos relacionados con el código genético y, la transmisión y expresión de genes.
	4.1 Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando con creatividad los conocimientos, datos e informaciones aportadas, el razonamiento lógico, el pensamiento computacional o los recursos digitales.		
Ingeniería genética: principales técnicas utilizadas y relevancia en el sistema de salud.	1.2 Transmitir opiniones propias fundamentadas e información sobre Biología y Geología de forma clara y rigurosa, facilitando su comprensión y análisis mediante el uso de la terminología y el formato adecuados (modelos, gráficos, tablas, vídeos, informes, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos, contenidos digitales, etc.).	CCL1, CD1, CD3	<ul style="list-style-type: none"> • Comprende las ventajas y desventajas de las técnicas de Ingeniería Genética • Desarrolla un pensamiento crítico frente a las implicaciones éticas de las técnicas de manipulación genética y sus repercusiones sobre la sociedad y el entorno natural
	2.2 Contrastar la veracidad de la información sobre temas relacionados con los contenidos de la materia Biología y Geología utilizando fuentes fiables adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin una base científica como pseudociencias, teorías conspiratorias, creencias infundadas, bulos, etc., contribuyendo de esta manera a la consecución de una sociedad democrática y comprometida con los problemas éticos y de otra índole actuales afrontando la controversia moral con actitud dialogante, argumentativa, respetuosa y opuesta a cualquier tipo de discriminación o violencia.	CCL3, CPSAA4, CC3	
	5.3 Desarrollar un pensamiento propio, con espíritu crítico y moral frente a las implicaciones éticas de las técnicas de manipulación genética y sus repercusiones sobre la sociedad y el entorno natural, mostrando motivación hacia el aprendizaje para gestionar los nuevos retos científicos del futuro	STEAM2, CD4	

A continuación, se expone la herramienta que ha sido diseñada para evaluar el Book de “detective en prácticas” que por parejas realizarán a lo largo de la unidad:

Tabla 9. Lista de control para la evaluación del Book de detectives en prácticas. Asignando una puntuación de 0 a 5 (0=nulo, 1=insuficiente, 2=suficiente, 3=bien, 4=notable, 5=sobresaliente).

LISTA DE CONTROL DEL BOOK							
ACTIVIDAD		GRUPOS DE PAREJAS					
		1	2	3	4	...	12
Origami	Resolución de la tarea						
	Participación, cooperación y actitud						
Práctica de laboratorio	Habilidad en el laboratorio						
	Resolución de las cuestiones						
	Participación, cooperación y actitud						
Sudokus genéticos	Resolución de los ejercicios						
	Participación, cooperación y actitud						
La fábrica de la insulina	Resolución del problema						
	Participación, cooperación y actitud						
Huella genética	Resolución del problema						
	Participación, cooperación y actitud						
NOTA (25%)							

5.7.1 Recuperación

La nota final del segundo trimestre corresponderá a la media que se obtenga de las unidades didácticas que hayan sido impartidas. Para que los alumnos puedan compensar esta unidad con las del resto del trimestre deben obtener como mínimo una calificación de 4 sobre 10.

A los alumnos suspensos se les atenderá particularmente para analizar los motivos del bajo rendimiento y así poder plantear actividades de refuerzo o pruebas adaptadas a sus necesidades educativas. De manera general, en donde no existan casos excepcionales, estos alumnos realizarán una prueba escrita. También, se les ofrecerá la oportunidad de solicitar tutorías para afianzar los conocimientos o para preguntar dudas.

5.8 ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD

Un pilar fundamental del sistema educativo es garantizar la enseñanza a todos los alumnos, independientemente de los diferentes ritmos de aprendizaje que existan en el aula. Por tanto, del docente deberá plantear, en la medida de lo posible, adaptaciones a las clases para lograr un aula inclusiva en donde exista la equidad de oportunidades de aprendizaje significativo para todos los alumnos.

Como ya se ha comentado en el apartado 5.2.3. Características de los alumnos, para el grupo al que va dirigido esta unidad se tendrán en cuenta los siguientes principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) para atender las diferencias individuales de la clase:

- I. Debido a que existen muchas formas por las que los alumnos perciben y comprenden los contenidos que se les presenta. Es, por ello, importante que los docentes faciliten opciones para acceder o aproximarse a la información con el fin lograr el aprendizaje significativo por parte de todos los alumnos (vídeos, ilustraciones representativas, textos, actividades de repaso o para afianzar, etc).
- II. También se facilitarán distintas opciones que permitan a todos los estudiantes "aprender a aprender" y expresar lo que ya saben, ya que existe múltiples formas de aproximarse e interactuar con la información proporcionada en la unidad (por escrito, presentaciones orales, en proyectos visuales como el póster, etc).
- III. Como no hay solo una forma de captar el interés y cada alumno siente unas u otras motivaciones hacia el contenido o las estrategias metodológicas. Para responder a esta variabilidad se proporcionarán varias opciones que permitan a los alumnos comprometerse en el aprendizaje (trabajo en pareja, en grupo e individuales, etc.)

5.8.1 La atención a los alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo

En lo relativo a la alumna que presenta la adaptación metodológica no significativa, aunque no será necesario modificar el contenido ni los objetivos de aprendizaje, se deberán tener en cuenta algunos aspectos metodológicos. En el caso de esta unidad, al realizar la organización de las parejas se le asignará un compañero con el que interactúe adecuadamente, para que este la pueda ayudar cuando sea necesario. De la misma manera, el docente estará pendiente durante todas las actividades que se realicen. Además, se añadirán al campus virtual recursos visuales

y actividades de refuerzo (estas también estarán disponibles para el resto de la clase). Y, por último, para la prueba escrita se adaptarán o reformularán las preguntas como en el ejemplo de la Tabla 10.

Tabla 10. Pregunta de examen: Completa la tabla sobre las diferencias entre ambos tipos de ácidos nucleicos (1 Punto).

DIFERENCIAS		ADN	ARN
Composición	Glúcido		
	Bases nitrogenadas		
	Grupo fosfato		
Número de cadenas			
Ubicación			
Función			

5.9 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Con la intención de recoger la opinión y las sugerencias de mejora de los alumnos respecto a la práctica docente realizada, al finalizar la unidad se les facilitará a través del campus virtual una encuesta que será anónima. Podrán de esta manera explicar que metodología les resulta más motivadora o con que instrumentos se sienten más cómodos. Las preguntas de la encuesta serán:

- ¿Cuánto te atraía inicialmente la unidad? Del 1 (nada) al 10 (mucho).
- ¿Y después de la explicación? Del 1 (me ha interesado más) al 10 (me ha dejado indiferente)
- ¿Te ha gustado la metodología docente (PowerPoint, recursos didácticos, dinámica de las clases) que el profesor ha empleado en la unidad?
- ¿Qué te parece negativo y que se puede cambiar de la metodología docente seguida?
- ¿Qué te parece bueno y que, por tanto, se debe mantener?
- ¿Crees que las actividades prácticas te han servido para comprender mejor la Teoría?

Y, por último, como docentes debemos saber evaluar nuestra propia práctica docente, ya que en parte somos responsables de los resultados que los alumnos obtienen. Para que la autoevaluación sea lo más objetiva posible se realizará a través de la siguiente lista de control:

Tabla 11. Cuestionario de autoevaluación de la práctica docente. Extraído y adaptada de: <https://11nq.com/N8GLU>.

INDICADORES DE LOGRO	PUNTUACIÓN (1 a 10)	OBSERVACIONES
PLANIFICACIÓN		
Los objetivos de aprendizaje se han formulado en función de los indicadores de logro evaluables que concretan los criterios de evaluación.		
La temporalización de las sesiones y duración de las actividades ha sido ajustada		
Los criterios de evaluación y calificación han sido claros y conocidos de los alumnos, y han permitido hacer un seguimiento del progreso de los alumnos.		
DESARROLLO		
Los contenidos y actividades se han relacionado con los intereses de los alumnos, y se han construido sobre sus conocimientos previos.		
Las actividades propuestas han sido variadas en su tipología y tipo de agrupamiento, y han favorecido la adquisición de las competencias clave.		
Se han utilizado recursos variados (audiovisuales, informáticos, etc.).		
Se han facilitado estrategias para comprobar que los alumnos entienden y que, en su caso, sepan pedir aclaraciones.		
Las actividades grupales han sido suficientes y significativas.		
Se ha proporcionado al alumno información sobre su progreso.		
Se han proporcionado actividades alternativas cuando el objetivo no se ha alcanzado en primera instancia.		
EVALUACIÓN		
Se ha realizado una evaluación inicial para ajustar la programación a la situación real de aprendizaje.		
Los alumnos han dispuesto de herramientas de autocorrección, autoevaluación y coevaluación		
Los criterios de calificación propuestos han sido ajustados y rigurosos.		






6. ANÁLISIS DAFO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

El análisis DAFO (iniciales de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) en educación es una herramienta que permite estudiar y reflexionar de manera sencilla y eficaz los aspectos mejorables y los puntos a potenciar.

A través del análisis objetivo de estas cuatro variables podremos determinar las claves del éxito o fracaso de nuestra propuesta.

Tabla 12. Análisis DAFO (iniciales de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) de la unidad didáctica "Nuestro DNI Genético".

 Debilidades	 Amenazas
 Requiere de un gran preparación y organización previa por parte del docente.	 Falta de colaboración entre las partes implicadas.
 Al realizar una evaluación continua y formativa, el profesor necesita más tiempo para corregir.	 Falta de experiencia en la implementación de esta propuesta
 El equilibrio entre lo lúdico y lo formativo es muy difícil de conseguir.	 Precisa de recursos materiales específicos.
 Proceso de adaptación del alumnado a la nueva metodología que se implementará.	 Confundir la gamificación con Juego.
 La posibilidad de crear una motivación pasajera.	 No cumplir los objetivos y expectativas propuestas.
 Fortalezas	 Oportunidades
 Los alumnos son capaces de observar su progreso en el proceso de aprendizaje.	 Potenciar el afán de superación del alumno.
 Fomento del trabajo en equipo, la cooperación, solidaridad y empatía en el grupo.	 Potenciar la autonomía y la automotivación de los alumnos.
 Incremento de la atención y la motivación.	 Aprender en un entorno lúdico.
 Potencia la comunicación y la habilidad social.	 Fomentar la creatividad e iniciativa de los alumnos a la hora de elaborar un proyecto.
 Vuelve el aprendizaje más atractivo y aumenta la implicación del estudiante.	 Potenciar el aprendizaje por medio del descubrimiento y la investigación.
	 Permite atender a los distintos ritmos y necesidades de aprendizaje de la clase.
	 Permite evaluar competencias diferentes.
	 Mejora las competencias TICs, tanto en los alumnos como en el docente.
	 Promueve la importancia de la retroalimentación y de aprender de error.
	 Fomentar un buen ambiente de trabajo en el aula.

 Casi irrelevante
  Poco importante
  Importancia media
  Muy importante
  Importancia crucial

Gracias a esta evaluación se podrán crear estrategias específicas para sobrellevar y superar las debilidades, enfrentar o evitar las amenazas, aprovechar las oportunidades y ser conscientes de las fortalezas, explotarlas, compartirlas y fomentarlas. para intentar mejorar así la calidad de la enseñanza que se ofrece, en este caso de la unidad didáctica propuesta.

7. CONCLUSIONES

A lo largo de la unidad didáctica diseñada para la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO, se han analizado las características del centro y alumnado especificando los objetivos, competencias y contenidos a trabajar. Por otro lado, se han expuesto las estrategias metodológicas y la propuesta de evaluación que se llevarán a cabo. No obstante, la unidad estará sujeta a una revisión continua, siendo susceptible de ser modificada si es necesario.

Algunas de las conclusiones más relevantes extraídas del trabajo son:

- El análisis estadístico revela que la enseñanza de Genética en la ESO mediante la metodología tradicional no resulta efectiva. Se evidencia que los estudiantes tienden a memorizar los contenidos a corto plazo en lugar de tratar de comprenderlos en profundidad.
- Rechazar el modelo tradicional y promover el cambio hacia una enseñanza basada en el constructivismo, modelo que promueve el aprendizaje activo y significativo, ya que se ha demostrado ser más beneficioso desde el punto de vista cognitivo.
- La importancia de detectar las ideas previas de los alumnos lo antes posible para que se pueda adaptar la práctica docente en función de las necesidades educativas del grupo.
- Todas las metodologías activas utilizadas a lo largo de la unidad didáctica favorecen el desarrollo competencial de los alumnos, permitiéndoles aplicar lo que aprendan no solo en el contexto académico, sino también en su vida social y laboral.
- La motivación no debe ser la finalidad sino el medio para alcanzar los objetivos. Por ello, es tan importante plantear y desarrollar las actividades en contextos relacionados con sus intereses.

En definitiva, este trabajo busca contribuir a la alfabetización científica del alumnado en el campo de la Genética Molecular e Ingeniería Genética, mediante el diseño de una unidad didáctica que se basa en las ventajas que ofrecen la implementación de las metodologías activas en la enseñanza. Esto solo se logrará si se promueve el aprendizaje activo que sustenta el constructivismo, a la par que se fomenta la motivación de los alumnos por aprender.

8. REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

- Alejaldre Biel, L., & García Jiménez, A. M. (2015). Gamificar: el uso de los elementos del juego en la enseñanza de español. *Mahidol University International College y Sichuan International Studies University, College of International Education*.
- Araya, V., Alfaro, M., & Andonegui, M. (2007). Constructivismo: orígenes y perspectivas. In *Revista de Educación, Año* (Vol. 13).
- Asunción, S. (2019). Metodologías Activas: Herramientas para el empoderamiento docente. *Revista Docentes 2.0*, 7(1), 65–80. <https://doi.org/10.37843/rted.v7i1.27>
- Ayuso, G. E., & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la Genética en Educación Secundaria. *Enseñanza de Las Ciencias*, 20(1), 133–157.
- Bannet, 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*, 13(2), 137–153.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 210–217.
- Berenger Albaladejo, C. (2016). *Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom* (M. T. Tortosa Ybáñez, S. Grau Company, & J. D. Álvarez Teruel, Eds.).
- Bernal González, M. D. C., & Martínez Dueñas, M. S. (2009). Metodologías activas para la enseñanza y el aprendizaje. *Revista Panamericana de Pedagogía*, 14, 101–106.
- Blanco, Á., García-Peñalvo, F., & Aula. (2020). *Ventajas reales en la aplicación del método de Aula Invertida- Flipped Classroom*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3610577>
- Bugallo Rodríguez, A. (1995). La didáctica de la Genética: Revisión bibliográfica. *Enseñanza de Las Ciencias*, 13(3), 379–385.
- Caballero Armenta, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de Genética: investigación didáctica. *Enseñanza de Las Ciencias*, 26(2), 227–244.
- Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). *¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas*. 17(2), 179–192.
- Campanario, J. M., & Otero José. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 18(2), 155–169.
- Carretero, M. (1997). *¿Qué es el constructivismo?* <https://www.researchgate.net/publication/48137926>
- Cook, H., & Ausubel, D. P. (1970). Educational Psychology: A Cognitive View. *The American Journal of Psychology*, 83(2). <https://doi.org/10.2307/1421346>
- Cornellà, P., Estebanell, M., & Brusi, D. (2020). Gamificación y aprendizaje basado en juegos. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 5–19.
- Driver, R. (1988). Investigación experiencias didácticas un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 6(2), 109–120.
- Durán Rodríguez, R. (2009). *Aportes de Piaget a la educación: hacia una didáctica socio-constructivista* (Vol. 7, Issue 2).
- Fernández March, A. (2006). *Metodologías activas para la formación de competencias*.
- Foncubierta, J. M., & Rodríguez, C. (2014). *Didáctica de la gamificación en la clase de español*. http://www.edinumen.es/spanish_challenge/gamificacion_didactica.pdf

- Forteá Bagán, M. Á. (2019). Metodologías didácticas para la enseñanza/aprendizaje de competencias. In *Metodologías didácticas para la enseñanza/aprendizaje de competencias*. Unitat de Suport Educatiu de la Universitat Jaume I. <https://doi.org/10.6035/mdul>
- Galván-Cardoso, A. P., & Siado-Ramos, E. (2021). Educación Tradicional: Un modelo de enseñanza centrado en el estudiante. *CIENCIAMATRIA*, 7(12), 962–975. <https://doi.org/10.35381/cm.v7i12.457>
- Gende, I. M. (2019). *ABP, ¿Aprendizaje basado en problemas o en proyectos?* <https://blog.vicensvives.com/abp-aprendizaje-basado-en-problemas-o-en-proyectos/>
- Gómez Ochoa de Alda, J., Marcos-Merino, J. M., & Esteban Gallego, R. (2019). Extracción de ADN con material cotidiano: desarrollo de una estrategia interdisciplinar a partir de sus fundamentos científicos. *Educación Química*, 30(1), 58. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.1.65732>
- IES Pinar de la Rubia. (2021). Proyecto educativo del centro 2016/2021. *IES Pinar de La Rubia*. http://iespinardelarubia.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/PEC_2016-2021_3.pdf
- IES Pinar de la Rubia. (2023). Plan de convivencia curso 2023-2024. *IES Pinar de La Rubia*.
- Íñiguez Porras, F. J. (2005). *La Enseñanza de la Genética: Una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. www.tdx.cat
- Íñiguez Porras, F. J., & Puigcerver Oliván, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la Genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 10(3), 307–327. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.i3.02
- Jerez, O. (2015). *Aprendizaje activo, diversidad e inclusión : enfoque, metodologías y recomendaciones para su implementación*. Ediciones universidad de Chile.
- Junta de Castilla y León. (2022). DECRETO 39/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, 190, 48850–49542.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*.
- López Rúa, A. M., Alzate, T., Eugenio, Ó., & Rúa, L. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145–166.
- Maria Antonia Candela. (2014). Cómo se aprende y se puede enseñar ciencias naturales. *Academia.Edu*.
- Méndez Méndez, E., & Arteaga Quevedo, Y. (2016). Una mirada a las estrategias didácticas para la enseñanza de la Genética A look at didactics strategies for teaching genetics. In *Omnia Año* (Vol. 22, Issue 1).
- Ministerio de Educación, C. y D. (2014). *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2015/BOE-A-2015-37-consolidado.pdf>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. In *BOE*. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-4975-consolidado.pdf>
- Ortiz Granja, D. (2015). Constructivism as theory and teaching method. *Sophia*, 19(2), 93–110. <https://doi.org/10.17163/soph.n19.2015.04>
- Palma Rojas, K. (2017). Los principios didácticos constructivistas como prácticas inclusivas en el aula de primaria. *INNOVACIONES EDUCATIVAS*, 27.
- Pashley, M. (1994). A chromosome model. *Journal of Biological Education*, 28(3), 157–161. <https://doi.org/10.1080/00219266.1994.9655385>
- Piepho, H.-P. (2018). Letters in Mean Comparisons: What They Do and Don't Mean. *Agronomy Journal*, 110(2), 431–434. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/agronj2017.10.0580>
- PISA. (2022). *PISA 2022 Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes Informe español*. <https://cpage.mpr.gob.es/>

- Porras, F. J. Í., & Puigcerver Oliván, M. (2013). Vista de Una propuesta didáctica para la enseñanza de la Genética en la Educación Secundaria. *Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de La Ciencia*, 10(3), 307–327.
- Rodríguez Arroncho, W. (1999). El legado de Vygotski y de Piaget a la educación. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 31.
- Rodríguez-Torres, Á. F., Gualoto-Andrango, O. M., Correa-Echeverry, J. E., & Morales-Tierra, J. V. (2022). The benefits of gamification in physical education teaching: systematic review sistemática. *Ciencias de La Educación*, 7(2), 662–681. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i2.2668>
- Rosa, C., Manrique, C., María, R., & Puente, T. (1999). El constructivismo y sus implicaciones en educación. *EDUCACION*, VIII(16).
- Saldarriaga-Zambrano, P. J., Bravo-Cedeño, G. del R., & Loor-Rivadeneira, M. (2016). La teoría constructivista de Jean Piaget y su significado para la pedagogía contemporánea. *Dominio de Las Ciencias*, 2, 127–137.
- Santiago, R., & Bergmann, J. (2018). *Aprender al revés* (1º Edición). www.paidos.com
- Santiago Ylarri, J. (2012). La clase expositiva sigue teniendo algo que decir: no siempre es conveniente el método de casos. *Revista Sobre Enseñanza Del Derecho*, 219–243.
- Sawyer, S. F. (2009). Analysis of Variance: The Fundamental Concepts. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 17(2), 27E–38E. <https://doi.org/10.1179/jmt.2009.17.2.27E>
- Tedesco, J. C. (2003). Los pilares de la educación del futuro. *Revista Iberoamericana de Educación*, 43(5), 1–4. <https://doi.org/10.35362/rie4352298>
- Thomson, N., & Stewart, J. (1985). Secondary school genetics instruction: making problem solving explicit and meaningful. *Journal of Biological Education*, 19(1), 53–62.
- Tünnermann, C. (2011). *El constructivismo y el aprendizaje de los estudiantes* (Vol. 48).
- Vázquez Cano, E., & Sevillano, M. L. (2021). *Gamificación en el aula*. Cristina Sánchez Sainz-Trápaga. <https://criscancer.org/es>
- Villalobos-López, J. A. (2022a). Metodologías Activas de Aprendizaje y la Ética Educativa. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 13(2), 47–58. <https://doi.org/10.37843/rted.v13i2.316>
- Werbach, K., & Hunter, D. (2015). The gamification toolkit: dynamics, mechanics, and components for the win. *University of Pennsylvania Press*.

WEBGRAFÍA

- Anders, V. (2013). GENÉTICA. <https://etimologias.dechile.net/?gene.tica>
- Arbea Ciencias. (2009). Examen Genética Molecular Recuperado de https://issuu.com/arbea.ciencias/docs/examen_407_solucion
- Bach Ciencias Vallejo. (s.f.). Cuaderno de laboratorio. Ampliación de Biología y Geología 4º ESO. Recuperado de http://bachcienciasvallejo.com/movil/download_file/view/147/423.pdf
- Biology Junction. (n.d.). E. coli Insulin Factory. Retrieved from <https://www.biologyjunction.com/images/misc/ecoli%20insulin%20factory.pdf>
- BBVA Open Mind. (2020). Así nació la huella genética, la técnica de los CSI. Recuperado de <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/apuntes-cientificos/asi-nacio-la-huella-genetica-la-tecnica-los-csi/>
- Cómo hacer tu juego mesa cluedo DIY personalizado. (n.d.). <https://www.theoptimisticside.com/2018/04/como-hacer-tu-juego-mesa-cluedo-diy.htmlc>

- Gobierno de Canarias (2019). Libro de Biología y Geología 4º de ESO, 28-47. Recuperado de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mafogonl/files/2019/10/89094650-b-y-g-4o.pdf>
- Gobierno de Canarias. (2019, 18 de noviembre). Material de Laboratorio [Página web]. Recuperado de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/recursosdigitales/2019/11/18/material-de-laboratorio/>
- Herramienta DAFO (s.f.) Recuperado de: <https://dafo.ipyme.org/Home>
- Instituto de Educación Secundaria Sotero Hernández. (2020). Biología y Geología 4º ESO. Recuperado de https://iessoterohernandez.es/wp-content/uploads/2020/04/tareas03_ESO_BYG_4%C2%A7.pdf
- La RubisCo. (s.f.). Sudokus genéticos. Recuperado de <https://www.larubiscoeslomas.com/sudokus-geneticos/>
- Lobato, P. (2024). Gamificación en el aula: ventajas y desventajas. <https://www.smartmind.net/blog/gamificacion-en-el-aula-ventajas-y-desventajas/>
- Miró, F. (2021). 7 actividades chulas sobre BIOLOGÍA MOLECULAR. <https://www.larubiscoeslomas.com/biologia-molecular/>
- ONU. (2023). ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible | Pacto Mundial ONU. <https://www.pactomundial.org/que-puedes-hacer-tu/ods/>
- Origami DNA. (n.d.). <https://www.yourgenome.org/theme/origami-dna/>
- Paredes, D. (2024). Ventajas Y Desventajas de la Gamificación en la Educación. <https://sybven.com/cosas-que-no-son-para-jugar-ventajas-y-desventajas-de-la-gamificacion-en-la-educacion/>
- Profe Bio y Geo. (2023). Actividades - Bloque 1: Genética. Recuperado de https://profebioygeo.es/wp-content/uploads/2023/09/0_Actividades-Bloque-1-Gene%CC%81tica.pdf
- The Optimistic Side. (2018, April). Cómo hacer tu juego de mesa Cluedo DIY [Blog post]. Recuperado de <https://www.theoptimisticside.com/2018/04/como-hacer-tu-juego-mesa-cluedo-diy.html>
- Tuya, Fernando. (2016). Prácticas genéticas: Extracción de ADN. Recuperado de <https://fernandotuya.org/wp-content/uploads/2010/10/Pr%C3%A1cticas-gen%C3%A9ticas.-Extraci%C3%B3n-ADN.-Abril-2016.-Alumnos..pdf>

9. ANEXOS

9.1. ANEXO I. Análisis de los conocimientos de Genética – 4º ESO y 1º Bachillerato

Tabla 13. Resultados de la encuesta de análisis de los conocimientos de Genética realizada en el IES Pinar de la Rubia (Valladolid) a los alumnos de 4º ESO (azul) y 1º de Bachillerato (alumnos con la optativa cultura científica en rojo y aquellos sin ella en amarillo) durante el curso académico (2023-2024). Abreviaturas: ESO (Educación Secundaria Obligatoria) y CC (Cultura Científica)

ANÁLISIS DE LOS CONOCIMIENTOS DE GENÉTICA						
Nº	PREGUNTA	OPCIONES DE RESPUESTA	Nivel académico			GENERAL
			4º ESO	1º Bachillerato		
				Con CC	Sin CC	
1	En una escala sobre cinco, ¿Cómo de interesante te resulta la genética?	1 (nada)	2%			1%
		2	4%		2%	3%
		3	28%	21%	9%	22%
		4	49%	62%	48%	51%
		5 (mucho)	17%	17%	40%	24%
2	¿Qué es la Genética?	Responden correctamente	29%	23%		27%
3	Marca todos los científicos que sean destacables en el mundo de la genética:	Marca 1 correctamente	38%	21%	19%	30%
		Marca 2 correctamente	30%	43%	23%	30%
		Marca 3 correctamente	22%	21%	17%	24%
		Marca 4 correctamente	9%	14%	41%	16%
4	*Selecciona cual de los siguientes organismos contienen material genético:	Animales	98%	100%	96%	98%
		Plantas	88%	87%	83%	87%
		Virus	14%	27%	16%	15%
		Bacterias	25%	53%	29%	30%
5	La información genética está en:	La membrana nuclear	3%		4%	3%
		Los cromosomas y los genes	59%	100%	75%	69%
		Los cromosomas	25%		21%	7%
		Los genes	12%			21%
6	El ADN y ARN se diferencian en que el primero contiene material genético, y el segundo no.	VERDADERO	21%	7%	49%	27%
		FALSO	79%	93%	51%	73%
7	Existen cuatro bases nitrogenadas que forman el ARN y estas sólo se pueden unir en dos combinaciones, estas son:	A=U, G=C	54%	47%	46%	51%
		U=T, G=C	8%	20%	25%	14%
		G=A, U=C	5%		8%	5%
		A=T, G=C	32%	33%	21%	30%

9.1. ANEXO I. Análisis de los conocimientos de Genética – 4º ESO y 1º Bachillerato

8	La expresión génica se compone de la/s siguiente/s etapa/s:	Replicación, transcripción y traducción	83%	80%	83%	83%
		Transcripción	2%		8%	3%
		Transcripción y traducción	15%	20%	8%	14%
9	¿Qué representa la imagen C?	ADN		7%	13%	4%
		ARNm	29%	40%	33%	32%
		ARNr	17%		4%	11%
		ARNt	54%	53%	50%	53%
10	La imagen corresponde a la estructura química del:	ADN	5%	20%	17%	10%
		Base nitrogenada	22%	33%	38%	28%
		Nucleósido	2%		8%	3%
		Nucleótido	71%	47%	38%	59%
11	Si tenemos el ADN molde 3'...TAG ATT GGT AGC ...5' señala el segmento de ARNm que lo codificará:	3'...AUC UAA CCA UCG ...5'	20%	13%	8%	16%
		5'...ATC TAA CCA TCG...3'	42%	33%	58%	45%
		5'...AUC UAA CCA UCG...3'	34%	47%	25%	34%
		5'...UAC AUU CCU ACG...3'	3%	7%	8%	5%
12	¿Qué nombre reciben los individuos que, para un mismo carácter, tienen alelos diferentes?	Hemicigóticos		7%	13%	4%
		Heterocigóticos	78%	80%	50%	71%
		Homocigóticos	17%	13%	33%	21%
		Recesivos	5%		4%	4%
13	El color de ojos marrón presenta dominancia frente al color azul, es decir, M > m. ¿Cuál será el fenotipo y genotipo de los hijo/s si el padre tiene ojos marrones y la madre ojos azules (ambos homocigóticos)?	1/2 Mm (ojos azules) y 1/2 mm (ojos marrones)	22%	7%	13%	17%
		1/2 Mm (ojos marrones) y 1/2 mm (ojos azules)	25%	7%	29%	23%
		Todos mm (ojos azules)	2%		0%	1%
		Todos Mm (ojos marrones)	51%	87%	58%	58%
14	*Selecciona aquellas enfermedades o trastornos capaces de explicar su aparición a través de la genética:	Marca 1 correctamente	6%		1%	4%
		Marca 2 correctamente	20%	12%	17%	18%
		Marca 3 correctamente	29%	12%	47%	31%
		Marca 4 correctamente	29%	77%	34%	39%
		Marca 5 correctamente	15%	0%	0%	9%
15	Cuál de las siguientes frases es falsa a cerca del código genético:	Cada codón de ARNm codifica para más de un aminoácido.	33%	33%	33%	41%
		Relación que permite la traducción del mensaje genético de ARNm a su forma funcional, las proteínas.	46%	13%	46%	27%
		Tiene carácter universal y es degenerado.	21%	53%	21%	31%

9.1. ANEXO I. Análisis de los conocimientos de Genética – 4º ESO y 1º Bachillerato

16	Ciertos tipos de Miopía en la especie humana dependen de un gen dominante (A); el gen para la vista normal es recesivo (a). ¿Cómo serán los genotipos y fenotipos de los hijos de un varón que ve normal y de una mujer miope (heterocigótica)?	1/2 Aa (miope) , 1/4 aa (normal) y 1/4 AA (miope)	44%	33%	17%	36%
		1/2 Aa (miope) y 1/2 aa (normal)	22%	27%	25%	23%
		1/2 Aa (normal) y 1/2 Aa (miope)	10%		17%	10%
		1/2 Aa (normal), 1/4 aa (miope) y 1/4 AA (normal)	24%	40%	42%	31%
17	*Señale la afirmación/es verdadera/s sobre la PCR.	Marcan un enunciado verdadero	68%	33%	41%	54%
		Marcan los dos enunciados verdaderos	8%	42%	27%	19%
		Marcan el enunciado falso sobre la PCR	24%	25%	32%	27%
18	Respecto a CRISPR-Cas9, ¿cuál de los siguientes enunciados es falso?	Cas9 corresponde al ARN guía.	31%	33%	21%	29%
		Es una “tijera molecular”.	12%	7%		8%
		Mecanismo que utiliza una molécula de ARN guía, que se inserta en la célula y reconoce el sitio concreto del ADN. Posteriormente una enzima lo corta.	29%	27%	33%	30%
		Todas las opciones son falsas.	29%	33%	46%	34%

*Preguntas multirrespuesta.

En la segunda columna en negrita se destaca la opción correcta. En cuanto al porcentaje, en cada nivel educativo el % corresponde al total de la muestra de la columna. En la última columna (general) se presentan los porcentajes que resultan si se contabilizan todos los niveles juntos. Y, por último, destacados se encuentran los datos mencionados en la justificación experimental.

- Las preguntas y las respuestas completas de la encuesta se pueden encontrar en el siguiente enlace:

<https://docs.google.com/forms/d/1KUHVD4JU3Ebn460mwLjqTf1RVG0UsAIpnRpKQKSGVE8/prefill>

“NUESTRO DNI GENÉTICO”

VESTÍBULO

Instrucciones

En esta unidad seréis auténticos detectives. Por parejas, tomaréis el rol de “detectives en prácticas” para resolver un crimen. Por una parte, a medida que se avance con el temario se aportarán pistas. Y por otro, con los mini retos que se realizarán en cada sesión y su resolución, la participación y actitud en la unidad conseguiréis puntos. En la penúltima sesión, la pareja que haya conseguido más puntos tendrá la oportunidad de resolver el crimen ante sus compañeros.

Por tanto, los objetivos principales del juego son:

1. Averiguar: **¿Quién lo hizo?, ¿Con que arma? ¿Y dónde?**
2. Coleccionar **PUNTOS** para poder resolver el crimen

El objetivo de didáctico es adquirir los conocimientos de Genética Molecular e Ingeniería Genética.

LA HISTORIA ...

Asesinato del Sr. Black

Para Alumnos de 4º ESO, IES Pinar de la Rubia

Cc Cco

Asesinato del Sr. Black

Acudo a ustedes para un caso de extrema necesidad.

Ayer el Sr. Black, un solitario y triste millonario invitó a seis amigos a su oficina. ¿Su objetivo? Revelar una sorprendente verdad. Pero antes de que pudiera desvelar nada ¡ha sido asesinado!

La policía ha encontrado seis sospechosos y seis armas en las nueve habitaciones de la oficina, pero no han encontrado quien fue el culpable o los culpables del asesinato. Para ello, examinareis con atención las pistas que ganareis a medida que avancemos con el temario y, superéis los mini retos propuestos.

¡Ahora depende de ti resolver el crimen!

Sans Serif

Enviar

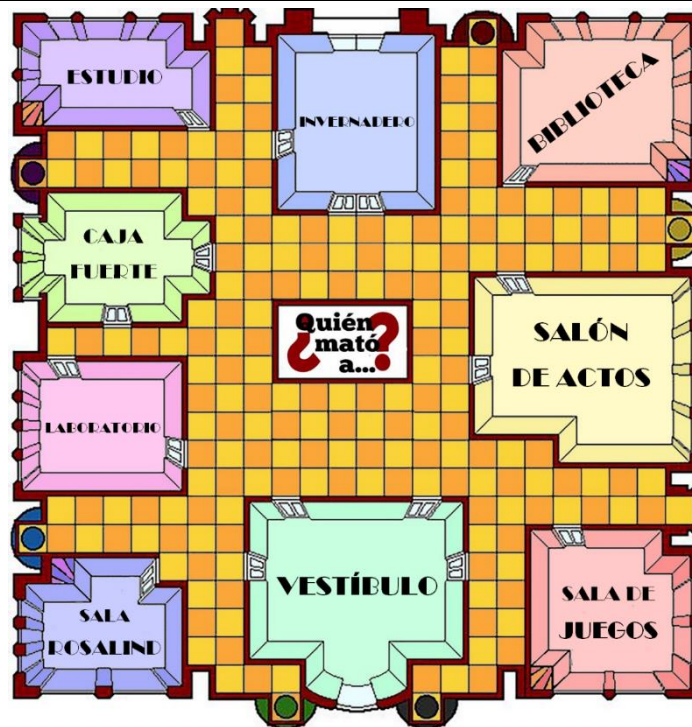
EXAMINA LAS ARMAS



CONOCE A LOS SOSPECHOS



ECHA UN VISTAZO A LAS HABITACIONES



OFICINA SR. BLACK				
SOSPECHOSOS		ARMAS		HABITACIONES
Padre Prado		Candelabro		Vestíbulo
Sra. Blanco		Puñal		Sala Rosalind
Profesor Mora		Tubería de plomo		Laboratorio
Sra. Amapola		Herramienta		Caja fuerte
Coronel Rubio		Cuerda		Estudio
Sra. Celeste		Pistola		Invernadero
				Biblioteca
				Salón de actos
				Sala de juegos

SALA ROSALIND

ORIGAMI DEL ADN

El ADN tiene una estructura de "doble hélice". Al igual que una escalera de caracol, tiene dos hilos individuales que se unen y se retuercen. Los 'escalones' de la escalera están formados por las cuatro bases del ADN que se unen en pares complementarios.

Esta actividad explora la estructura del ADN en formato papel. En el formato en blanco tenéis que escribir la secuencia de ADN (5'...CGTACTGAAT...3'), la complementaria de esta (siguiendo las reglas de emparejamiento), colorear y doblar hasta formar el origami.

- Diseñe la plantilla de origami de ADN en blanco.
- Comience escribiendo la primera letra de su secuencia de ADN (A, T, C o G) en la esquina derecha.
- Continúe su secuencia en la columna de la derecha.
- Escriba las bases complementarias correspondientes en los cuadros diagonalmente frente a tu secuencia como se muestra.
- Continúa la secuencia complementaria hasta llegar al final; y complete el cuadro superior de esa columna con cualquier letra.
- ¡Ahora colorea tu ADN y luego dóblalo!
- Doblar por la mitad a lo largo. Haga todos los pliegues lo más firmes posible.
- Sostenga el papel de modo que las líneas gruesas queden diagonales y las líneas finas horizontales. Doble el segmento superior hacia abajo y luego desdóblalo.
- Dobla los dos segmentos superiores hacia abajo a lo largo de la siguiente línea horizontal. Desplegar.
- Repita para todos los segmentos.
- Dé la vuelta al papel.
- Dobla el borde blanco sin letras hacia arriba.
- Dobla el otro borde hacia afuera. Desdoble parcialmente ambos bordes.
- Puedes ver cómo el modelo empieza a girar.
- Gira y gira el papel mientras empujas los extremos uno hacia el otro.
- ¡Ahora déjalo ir!
- ¡Admira tu doble hélice de ADN completa!

LABORATORIO

NORMAS DE SEGURIDAD

Visualizar el vídeo y anotar las normas de seguridad de un laboratorio

MATERIAL DE LABORATORIO



**MATERIAL VOLUMÉTRICO:
PARA MEDIR VOLÚMENES
EXACTOS**

Son aquellos materiales de vidrio para medir volúmenes exactos de diferentes sustancias. No se pueden calentar.



Matraz aforado



Probeta



Bureta



Pipeta

**EQUIPOS Y APARATOS
DE MEDICIÓN**

Son instrumentos que se utilizan para marcar magnitudes físicas, mediante un proceso de medición.



Termómetro



Balanza digital de precisión



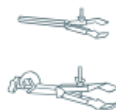
Balanzas analógicas



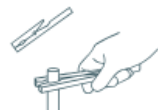
Pesas para balanzas analógicas de dos brazos

**MATERIAL PARA SOPORTE Y SUJECIÓN:
PINZAS Y SOPORTES**

Son instrumentos que sujetan otros materiales. Son fundamentales cuando hay que calentar, ya que evitan que nos quememos.



Pinzas metálicas para soporte



Pinzas de madera



Pinzas metálicas



Trípode



Gradillas



Doble nuez



Soporte



Aro



Rejilla

MATERIAL PARA CONTENER LÍQUIDOS

Son materiales de vidrio para medir aproximadamente el volumen de líquidos (porque tienen marcas). También sirven para hacer mezclas y reacciones químicas. Se pueden calentar.



Matraz de fondo redondo



Matraz Erlenmeyer



Vaso de precipitados

OTROS MATERIALES QUE SE PUEDEN CALENTAR

Estos son otros materiales para realizar mezclas o reacciones y que también pueden ser calentados.



Tubo de ensayo



Cápsula



Vidrio de reloj

MECHEROS

En este grupo se encuentran aparatos que producen llama, quemando gas o alcohol. Todos ellos deben usarse con una rejilla, no directamente.



Mechero de alcohol



Mechero de bombona



Mechero bunsen

MATERIAL PARA FILTRADO

Son aparatos que se usan para separar sustancias en una mezcla.



Embudo



Embudo de decantación



Filtros

MATERIAL COMPLEMENTARIO

Equipos auxiliares para el trabajo de laboratorio.



Cepillo limpiatubos



Cristalizador



Mortero



Propipeta o Pipeteador



Espátula



Frasco lavador



Cuentagotas

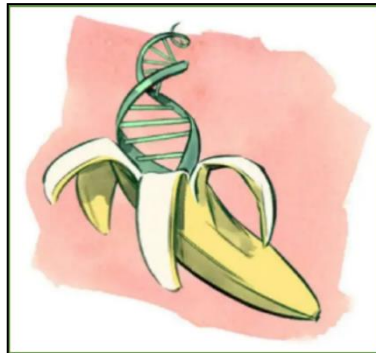


Placas de petri



Varilla de vidrio

¡ATRAPA EL ADN DEL PLÁTANO!



OBJETIVOS

- ★ Extraer el ADN de las células del plátano empleando una técnica sencilla.
- ★ Observar y analizar la estructura del ADN.
- ★ Interpretar el resultado obtenido en la práctica.
- ★ Reconocer los procesos que intervinieron en la extracción de ADN.
- ★ Conoce y sabe utilizar correctamente el material de laboratorio.

MATERIALES



PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Pelar y cortar el plátano. Después, pesar **20g** en la báscula.
2. Introducir el plátano en la bolsa hermética de plástico y machacar hasta que se forme una consistencia de puré. Añadir **40 mL** de agua destilada y mezclar bien.
3. Preparar un vaso de precipitados la mezcla de lisis: **90 mL de H₂O + 10 mL de Mistol + una cucharada pequeña de sal**. Mezclar bien removiendo con la cucharilla.
4. Una vez mezclado, filtrar con un colador el líquido obtenido para eliminar los residuos sólidos. Medir el jugo obtenido en una probeta. Posteriormente, depositar en el vaso de precipitados.
5. Dejar actuar durante **10 minutos** aproximadamente para que se rompan las células.
6. Añadir **1/3** de esta dilución al tubo de ensayo.

9.2. ANEXO II. BOOK

7. Añadir 1/3 de alcohol 96° lentamente al tubo de ensayo con una pipeta Pasteur para evitar que se mezclen las fases.
8. Observar las hebras de ADN que ascienden y los ovillos que se forman en la interfase.

OBSERVACIONES

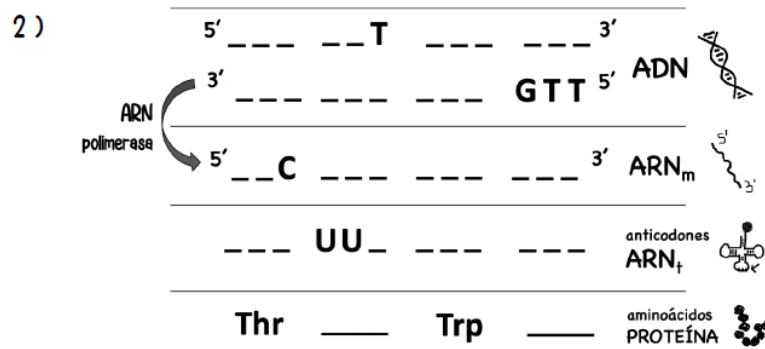
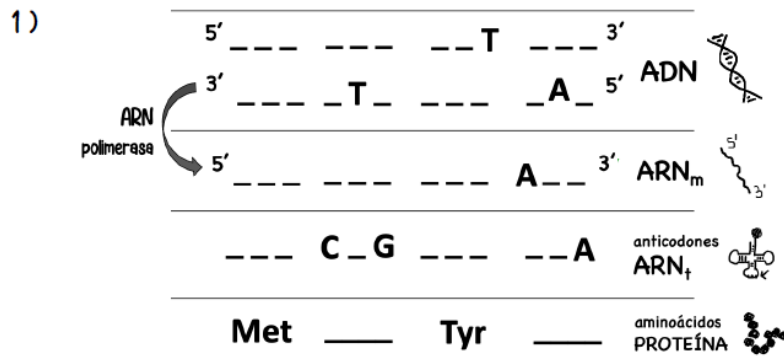
CUESTIONES

1. Realiza un dibujo con el aspecto inicial (previo a la adición del etanol) y final (tras añadir el etanol) de los tubos, señalando los componentes que se observan, el aspecto y la localización del ADN.
2. ¿Por qué tras filtrar no se observan las fibras de ADN? ¿Porque se forman ovillos de fibras de ADN al añadir el etanol?
3. ¿Qué efecto tiene sobre el ADN el detergente? ¿Y la sal?

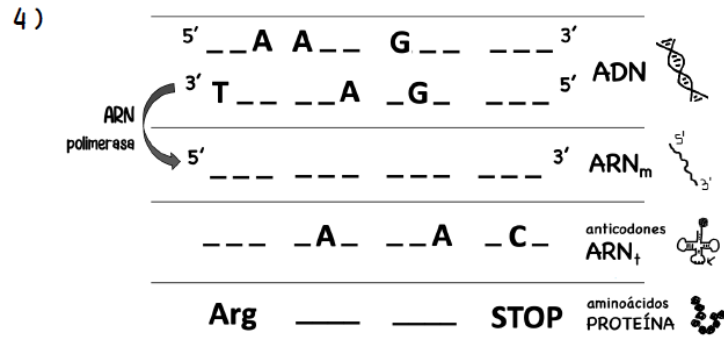
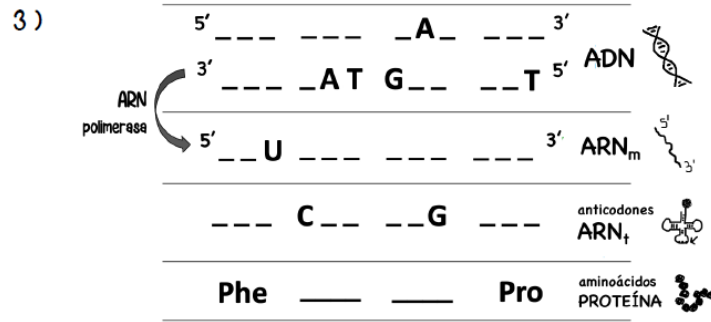
CAJA FUERTE

SUDOKUS GENÉTICOS

Con ayuda del código genético, averigua la secuencia de nucleótidos y el polipéptido resultante de los sudokus 1 al 4:

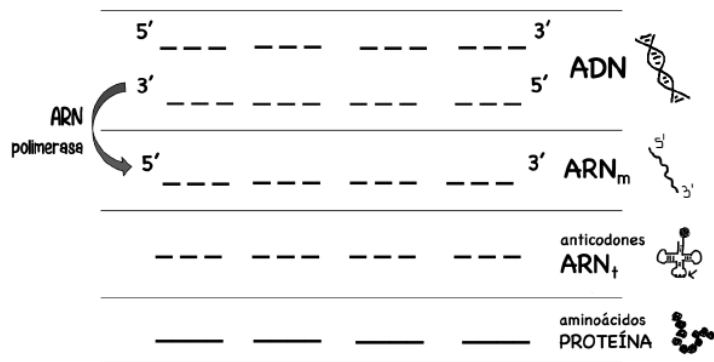


9.2. ANEXO II. BOOK



Ahora fabricar vuestro propio sudoku genético para que, posteriormente, lo pueda resolver otra pareja de la clase:

Nombres de la pareja que lo resuelve:



ESTUDIO

LA FÁBRICA DE INSULINA:

REPASO

Las bacterias no sólo tienen su ADN normal, sino que también tienen fragmentos de ADN circular llamados plásmidos. Los plásmidos son un maravilloso aliado para los biólogos que desean lograr que las bacterias produzcan proteínas muy específicas. Los plásmidos pueden convenientemente cortarse, fusionarse con otro ADN y luego ser reabsorbidos por bacterias. Las bacterias incorporan fácilmente la nueva información del

9.2. ANEXO II. BOOK

ADN en su metabolismo. Esta “recombinación” del ADN se llama ADN RECOMBINANTE.

Extraer un gen de una molécula de ADN e insertarlo en otra requiere un “cortar y pegar” preciso. Para llevar a cabo este procedimiento, se debe cortar de un cromosoma un trozo de ADN que contiene el gen de interés y “pegarlo” en un plásmido bacteriano.

Las herramientas de corte para producir ADN recombinante en un tubo de ensayo son enzimas bacterianas llamadas enzimas de restricción, que se descubrieron por primera vez a finales de la década de 1960. En la naturaleza, estas enzimas protegen a las bacterias contra la intrusión del ADN de otros organismos y fagos. Funcionan cortando ADN extraño, un proceso llamado restricción porque impide que el ADN extraño sobreviva en la célula. Otras enzimas modifican químicamente el propio ADN de la célula de manera que la protege de las enzimas de restricción.

La mayoría de las enzimas de restricción reconocen secuencias de nucleótidos cortas en las moléculas de ADN y cortan en puntos específicos dentro de estas secuencias de reconocimiento. Se conocen varios cientos de enzimas de restricción y aproximadamente un centenar de secuencias de reconocimiento diferentes.

Esta actividad es una simulación del proceso industrial real mediante el que se obtiene la insulina que se inyectan los diabéticos.

Lea atentamente las siguientes instrucciones. Vuestros apuntes de clase pueden ayudaros a resolver esta actividad.

PROCEDIMIENTO

El ADN (amarillo) y el plásmido (rosa, circular) ya están formados. El primero tiene el gen de la proteína de la insulina. Y, el segundo contiene el origen de replicación (¡ojo! sin ella el plásmido no se replicará), la resistencia a kanamicina y la resistencia ampicilina.

1. Probar las diversas enzimas de restricción que tienes en tu laboratorio. Hay 5 y una ligasa que fusiona los ADN cuando se utiliza. En el papel donde se encuentran estas enzimas se observa el nombre de la enzima de restricción y la secuencia exacta que reconoce para después cortar.
2. Buscar hasta encontrar la enzima que corte una vez el plásmido abriéndolo y, a su vez sea capaz de cortar el ADN en dos sitios (en los extremos del gen de la proteína de la insulina). Además, las células tienen genes para otras proteínas innecesarias que deben cortarse dejando extremos cohesivos que se ven así:

IMPORTANTE: la enzima corte una vez al plásmido y dos veces al ADN lo más cerca posible de los extremos de ese gen. Si no cubre estas necesidades, no se podrá utilizar.

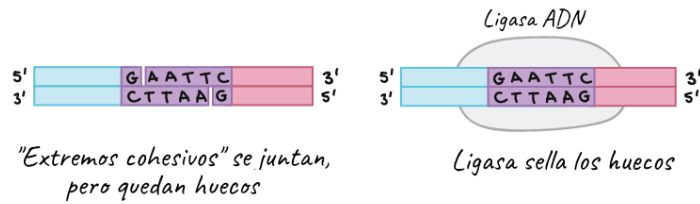


3. Antes de continuar, complete la tabla del final, razonando porque no usó ciertas enzimas y la razón por la que eligió la enzima que va a usar.

Una vez seleccionada la enzima, usa las tijeras para realizar un corte en el plásmido. Después, dos en el ADN en los extremos de la proteína de la insulina (estos cortes deben

9.2. ANEXO II. BOOK

realizarse según se indica en la enzima, de forma escalonado). Esto expondrá los extremos cohesivos que la ligasa unirá formándose el ADN recombinante.



Posteriormente, en una situación real se mezclarían el plásmido de ADN recombinante con bacterias. Estas absorberían los plásmidos y actuarían como huéspedes comenzando a producir insulina que se podría purificar y vender para ser utilizada por los diabéticos.

Pero hay que tener en cuenta que las bacterias huésped normalmente mueren por los antibióticos (como kanamicina, ampicilina, tetraciclina). Sin embargo, si los plásmidos recombinantes que se mezclan con la bacteria contienen algún gen para resistir a los efectos de uno o más antibióticos, sobrevivirán. Esto es muy importante en el proceso de ya que podríamos saber que células contienen el ADN plasmídico recombinante y cuáles no

PREGUNTAS

NOMBRE DE LA ENZIMA DE RESTRICIÓN	Nº DE CORTES:		USADO (X)	NO USADO (X)	MOTIVO DEL USO O NO
	PLÁSMIDO	ADN			
<i>Ava II</i>					
<i>Bam HI</i>					
<i>Bgl II</i>					
<i>Eco RI</i>					
<i>Hin dIII</i>					

1. ¿Qué pasaría si se carece de la enzima ligasa?
2. ¿Qué resistencias a los antibióticos tiene tu plásmido?
3. Determine qué antibiótico usaría en su medio de crecimiento para determinar si las bacterias absorbieron o no el ADN recombinado finalizado. Razona tu respuesta.

MATERIALES NECESARIOS PARA LA PRÁCTICA (A4)

P
L
A
S
M
I
D
N
A

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

Ampicillin resistance
 Tetracycline resistance
 Kanamycin resistance
 Origin of Replication

C
E
L
L
D
N
A

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

= protein gene
 Origin of Replication

(Print on golden red paper).

Restriction Enzymes

<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>C</td><td>G</td></tr> <tr><td>C</td><td>G</td></tr> <tr><td>T</td><td>A</td></tr> <tr><td>G</td><td>C</td></tr> <tr><td>G</td><td>C</td></tr> </table> <p style="text-align: center;"><i>Ava II</i></p>	C	G	C	G	T	A	G	C	G	C	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>T</td><td>A</td></tr> <tr><td>T</td><td>A</td></tr> <tr><td>C</td><td>G</td></tr> <tr><td>G</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td>T</td></tr> <tr><td>A</td><td>T</td></tr> </table> <p style="text-align: center;"><i>Hin dIII</i></p>	T	A	T	A	C	G	G	C	A	T	A	T	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>C</td><td>G</td></tr> <tr><td>C</td><td>G</td></tr> <tr><td>T</td><td>A</td></tr> <tr><td>A</td><td>T</td></tr> <tr><td>G</td><td>C</td></tr> <tr><td>G</td><td>C</td></tr> </table> <p style="text-align: center;"><i>Bam HI</i></p>	C	G	C	G	T	A	A	T	G	C	G	C
C	G																																			
C	G																																			
T	A																																			
G	C																																			
G	C																																			
T	A																																			
T	A																																			
C	G																																			
G	C																																			
A	T																																			
A	T																																			
C	G																																			
C	G																																			
T	A																																			
A	T																																			
G	C																																			
G	C																																			
<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>T</td><td>A</td></tr> <tr><td>C</td><td>G</td></tr> <tr><td>T</td><td>A</td></tr> <tr><td>A</td><td>T</td></tr> <tr><td>A</td><td>T</td></tr> <tr><td>G</td><td>C</td></tr> <tr><td>A</td><td>T</td></tr> </table> <p style="text-align: center;"><i>Bgl II</i></p>	T	A	C	G	T	A	A	T	A	T	G	C	A	T	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>G</td><td>C</td></tr> <tr><td>G</td><td>C</td></tr> <tr><td>G</td><td>C</td></tr> <tr><td>C</td><td>G</td></tr> <tr><td>C</td><td>G</td></tr> </table> <p style="text-align: center;"><i>Hpa II</i></p>	G	C	G	C	G	C	C	G	C	G	<p style="font-size: 2em; font-weight: bold; letter-spacing: 0.5em;">LIGASE</p>										
T	A																																			
C	G																																			
T	A																																			
A	T																																			
A	T																																			
G	C																																			
A	T																																			
G	C																																			
G	C																																			
G	C																																			
C	G																																			
C	G																																			

INVERNADERO

HUELLA GENÉTICA

La huella genética de un individuo es la secuencia de bases en su ADN única y diferente a la de cualquier otro, resultado de la combinación de los ADN de sus padres (la mitad de la madre y la otra mitad del padre). Por usar una imagen visual, la huella genética es como nuestro DNI biológico. Esta huella es única de cada persona e invariable a lo largo de su vida. De hecho, permanece inalterable después de la muerte (salvo en el caso de incineración). Además, este perfil puede extraerse de cualquier célula o resto biológico de un cuerpo, facilitando la identificación.

La prueba del ADN o de la huella genética se basa en la presencia de secuencias que se repiten en el ADN de todos los individuos, pero el número de veces que se repiten y su posición en el mismo son distintos de un individuo a otro. Estas secuencias pueden ser reconocidas por unas enzimas de restricción que actúan como tijeras que cortan al principio y al final de la secuencia que reconocen. Por lo tanto, si se cortan los ADNs de dos individuos por separado se obtendrán dos lotes de fragmentos de diferente longitud.

Para saber la huella de cada uno y compararlas, basta con colocar los dos lotes separados en un gel y activar un campo eléctrico (electroforesis): los fragmentos, cargados negativamente, migran por el gel y se separan según su tamaño, pero no son visibles. Se transfieren, entonces, a una hoja de nitrocelulosa y se añade un marcador radiactivo que se une a una determinada secuencia de ADN; se superpone una película de rayos ultravioleta y se revela apareciendo una serie de bandas para cada muestra, que indica la localización de los fragmentos que han sido marcados. Cada patrón de bandas corresponde a un individuo.

OBJETIVOS

- Simular alguna de las técnicas de Ingeniería Genética.
- Conocer en qué consiste la prueba y sus principales aplicaciones.
- Discutir acerca de cuestiones éticas.

SIMULACIÓN DE UNA PRUEBA DE PATERNIDAD

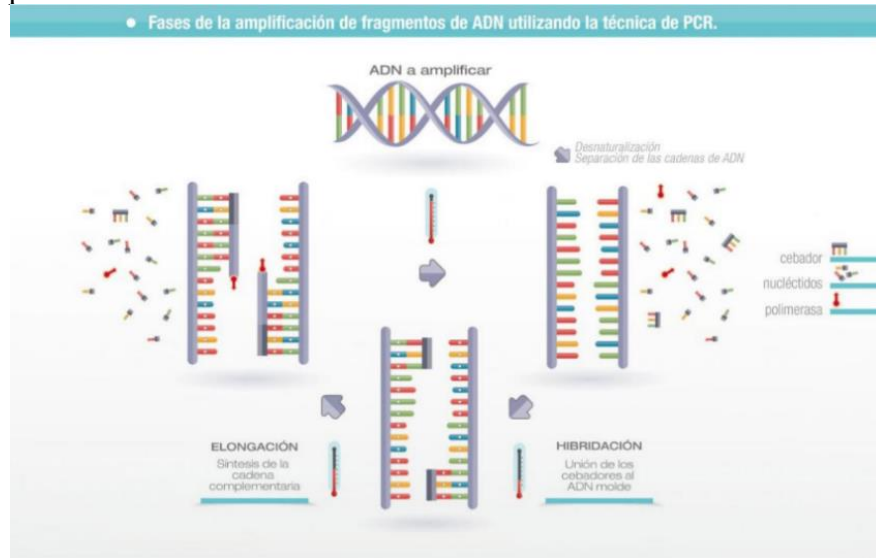
Una pareja que no puede tener hijos, por ser estéril la mujer, decide buscar una madre sustituta para tener un hijo. La madre de alquiler es inseminada artificialmente con el esperma del hombre. Cuando nace el bebé, la madre de alquiler decide quedárselo. Reclama al bebé diciendo que la pareja no tiene ningún derecho sobre el niño puesto que el verdadero padre es su propio marido y no el donante de esperma. El caso es llevado al juzgado y se realiza un test genético para decidir quién es el padre biológico del bebé.

PROCEDIMIENTO

1. **Obtención de la muestra biológica** (sangre, pelos, saliva, semen, etc.): en este caso hemos obtenido una muestra de saliva del bebé, del compañero de trabajo, del marido y la mujer.

9.2. ANEXO II. BOOK

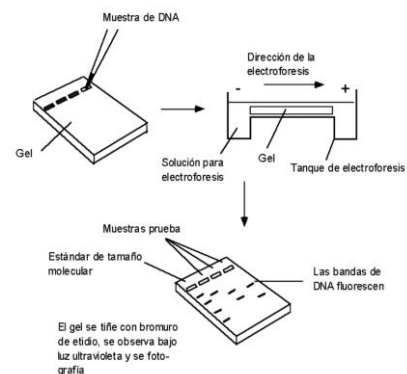
2. **Extracción y aislamiento del ADN** de la muestra biológica: mediante centrifugación de las muestras de sangre (o procesos similares a los que vimos en la práctica de laboratorio: “Atrapa el ADN”). Se separa el ADN celular.
3. Debido a que la cantidad de ADN obtenida de estas muestras es muy pequeña, es necesario amplificar el ADN primero para poder analizarlo. Para ello los científicos utilizan la **reacción en cadena de la polimerasa (PCR)**: una técnica de laboratorio común utilizada para hacer muchas copias (¡millones o miles de millones!) de una región particular de ADN.



4. **Fragmentación de las cadenas de ADN**: para separar las dos cadenas de ADN hemos sometido el ADN a altas temperaturas. Ahora tenemos largas cadenas simples de ADN. **AQUÍ EMPEZAIS VOSOTROS**. Recortar los trozos de ADN de cada individuo y pégalos de manera que consigas una sola cadena larga de ADN.
5. **Fragmentación de las cadenas de ADN**: cada muestra será tratada con una enzima de restricción que es capaz de reconocer la secuencia GGCC en las cadenas de ADN y corta por el centro de estas secuencias (GG/CC). En nuestra simulación las tijeras serán la enzima de restricción. Obtendrás fragmentos de ADN de distintos tamaños.
6. **Electroforesis en gel de agarosa**: Consiste en introducir las muestras en una placa de gel de agarosa. Se aplica una corriente eléctrica y los fragmentos descienden por la placa: los más pequeños encuentran menos obstáculos en el gel y descienden a la zona más baja de la placa. Por el contrario, los fragmentos de ADN más grandes apenas pueden avanzar y quedan en la parte más alta de la placa. De esta manera se conseguirá separar los fragmentos de ADN.

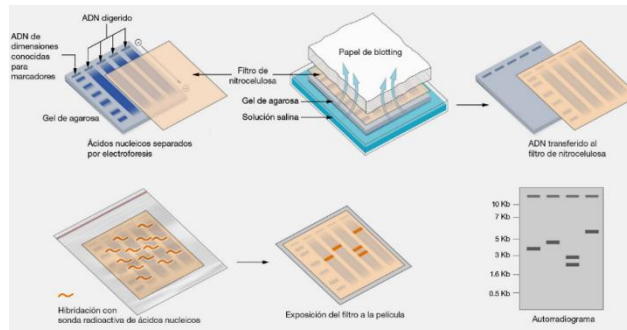
En nuestra práctica esta placa será un folio blanco. Pega los fragmentos de ADN en él, de forma que queden los más grandes arriba y los más pequeños abajo.

7. **Identificación de los fragmentos de ADN**: los fragmentos de ADN dispuestos en la placa en la realidad no pueden verse, por ello los biólogos introducen sondas fluorescentes. Estas les permitirán identificar los distintos fragmentos de ADN.



9.2. ANEXO II. BOOK

En nuestra práctica la sonda fluorescente lleva la secuencia GTA (son los cuadraditos de papel). Estas sondas se unirán a los fragmentos de ADN que contengan la secuencia CAT. Por tanto, cada vez que en un fragmento de ADN aparezca la secuencia CAT se le unirá una sonda radiactiva GTA. Pega las “sondas fluorescentes GTA” junto a todas y cada una de las secuencias CTA que encuentres en los fragmentos de ADN.



8. **Revelado de las sondas:** las sondas fluorescentes brillan cuando la placa está bajo luz ultravioleta. Y así podemos ver un patrón de rayas de forma que cada raya corresponde al lugar exacto donde hay una secuencia CAT en el ADN. En nuestra simulación, la sonda fluorescente será un rotulador fosforescente. Pinta con él la sonda y la secuencia de ADN complementaria. Después, pinta en la parte de debajo del folio, barras negras en el lugar que corresponde según donde hayan quedado las sondas en cada una de nuestras muestras.
9. **Comparación de los patrones de ADN de nuestros individuos y conclusiones:** analizar y comparar los patrones de bandas presentes en las muestras de todos los individuos para identificar las similitudes.

CONCLUSIONES

- ¿Quién es el padre biológico del bebé? ¿Por qué lo has sabido?
- Si fueras el juez, ¿a qué pareja darías la custodia del bebé? Razona tu respuesta.
- ¿Qué opinión tienes acerca de “las madres de alquiler” y de las personas que emplean estos procesos para tener hijos?
- Nombra otras situaciones o casos se puede aplicar la prueba.
- ¿Por qué es necesario emplear sondas fluorescentes o marcadores de otro tipo en los análisis de ADN?
- Explica brevemente los pasos de la prueba de la huella genética.

MATERIAL PARA RECORTAR (A4)

SONDAS FLUORESCENTES

GTA GTA GTA GTA GTA GTA GTA

GTA GTA GTA GTA GTA GTA

CADENAS SIMPLES DE ADN

NIÑO

CCACATCAGTTAGACCGAGGCCAAGGCCAACGACGGCAA

GGCCCGACAGGCCAAGACGGCCATATAGGGGG

MADRE DE ALQUILER

CCTAGACGGCCAGGCCACAAGCCAGGCCACATCAGTTAG

ACCGAGGCCGAATCAGGCCTTATTGACGGCCATGG

MARIDO DE LA MADRE

CCGGTACATTACCAGGCCAAGGATACGGCAAGCAGGCC

TTCATGGCCAAGGCCTTAGCACGGCCAATGACGG

DONANTE DE ESPERMA

CCGAGGCCAGGGTATACGGGTATAGCCAATTTGGCCG

GCATGGGCCGATACAGCCGATGGCCATATAGGGGG

9.2. ANEXO II. BOOK

BIBLIOTECA

Para esta actividad se dedicarán cuatro sesiones (8-11): las dos primeras en el aula de informática se dedicarán a la elaboración por grupos de un póster. En las dos últimas, cada grupo expondrá su póster al resto de compañeros.

- Formación de 6 grupo de cuatro personas cada uno (las parejas deben ir juntas).
- Selección del tema (aleatoriamente).
- El trabajo será colaborativo y cooperativo. Por tanto, se establecerán determinados roles dentro de cada grupo.
- La no realización o colaboración en la elaboración del póster supondrá un cero en la nota de esta actividad.
- La duración de la exposición será de 10 minutos por grupo.

TEMAS:

- ★ Aplicaciones de la Ingeniería Genética a la agricultura, ganadería y/o medio ambiente.
- ★ Aplicaciones de la Ingeniería Genética y la Biotecnología en la salud.
- ★ La revolución genética la técnica CRISPR.
- ★ La clonación terapéutica y reproductiva.
- ★ Los alimentos transgénicos.
- ★ Bioética: implicaciones sociales de la Ingeniería Genética.

SUGERENCIAS

- Título claro y atractivo. Relacionado con el tema elegido para captar la atención del espectador.
- Estructura: introducción-desarrollo-conclusiones (aunque podéis plantearlo de otra forma)
- La fuente, debe resultar lo suficientemente grande para que sea leído a una distancia de 3 a 5m.
- El contenido debe estar organizado, con secciones claras y ordenadas.
- Uso de imágenes o ilustraciones que apoyen y refuercen la información presentada.
- Textos breves que transmiten la información de forma clara y efectiva.
- Incluir las referencias.

9.2. ANEXO II. BOOK

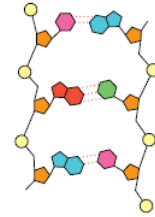
SALÓN DE ACTOS

RÚBRICA DE COEVALUACIÓN						
CATEGORÍA	4 - EXCELENTE	3 - BIEN	2 - SUFICIENTE	1 - INSUFICIENTE	PUNTOS	
P Ó S T E R	Diseño y Contenido	El póster es original, visualmente atractivo y, contiene información detallada y significativa.	El póster presenta contenido relevante, es original y visualmente atractivo.	El póster contiene la información básica sobre el tema, pero es poco atractivo visualmente.	El póster tiene poco contenido relevante y no es atractivo ni original.	
	Estructura / Organización	Están bien organizados y seleccionados, se ajustan al tema.	Están bien organizados casi todos los contenidos seleccionados y se ajustan al tema.	Están bien organizados solo algunos contenidos y se ajustan al tema	No están bien organizados y no se ajustan al tema elegido.	
	Aportación personal	Se aportan conclusiones, aportaciones creativas y originales que le dan un toque personal al trabajo	Se incorporan aportaciones creativas y originales que le dan un toque original al trabajo.	Se aportan conclusiones pero no aportaciones creativas y originales que le dan un toque personal al trabajo.	No se aportan conclusiones ni aportaciones creativas y originales que le dan un toque personal al trabajo.	
E X P O S I C I Ó N	Orden y gestión del tiempo	La presentación fue perfectamente ajustada al tiempo asignado	La presentación se ajustó adecuadamente al tiempo asignado	La presentación tuvo algunos desajustes en relación al tiempo asignado	La presentación excedió significativamente o fue muy breve en relación al tiempo asignado	
	Participación	Todos los integrantes participaron de manera activa y destacada en la exposición	Todos los integrantes participaron de manera equitativa en la exposición.	La mayoría de los integrantes participaron en la exposición.	Solo uno o dos integrantes participaron en la exposición.	
	Expresión oral	Exponen el contenido con claridad, coherencia y a un ritmo adecuado, que facilita el seguimiento de la presentación.	Exponen el contenido con claridad, coherencia y la mayor parte del tiempo el ritmo es adecuado.	Unas veces exponen el contenido despacio y con claridad, pero otras se aceleran lo que dificulta el seguimiento y entendimiento de la presentación.	Exponen hablando rápidamente o se detienen en varias ocasiones a la hora de hablar. Desconectando al espectador de la presentación.	
	Vocabulario	Utilizan el lenguaje científico apropiado. Definiendo aquellas palabras que podrían ser nuevas para la audiencia.	Utilizan el lenguaje científico apropiado. Incluyen palabras nuevas para la mayor parte de la audiencia pero no las define.	Solo utilizan el lenguaje científico apropiado, en algunas ocasiones.	No utilizan un lenguaje científico apropiado.	
	Dominio del tema	El grupo contesta con precisión a todas las preguntas planteadas por sus compañeros y el profesor, sobre el póster	El grupo contesta con precisión a casi todas las preguntas planteadas por sus compañeros y el profesor, sobre el póster	El grupo contesta con precisión solo a algunas preguntas planteadas por sus compañeros y el profesor, sobre el póster	El grupo no contesta a las preguntas planteadas por sus compañeros y el profesor, sobre el póster	

9.3. ANEXO III. ACTIVIDADES PARA AFIANZAR CONOCIMIENTOS

1. Observa la figura.

- ¿Qué molécula representa?
- ¿Qué monómeros forman la molécula?
- ¿Qué moléculas constituyen dichos monómeros?
- ¿Cuál es su importancia biológica?
- ¿En qué lugar de la célula podemos encontrarla?



2. Realizar una tabla sobre las diferencias entre los tipos de ácidos nucleicos: composición (glúcido, base nitrogenada, grupo fosfato), estructura, ubicación, función.

3. Si un ADN bicatenario tiene un 23% de Adenina del total de bases nitrogenadas. ¿Cuáles son los porcentajes del resto de bases?

4. Indica la secuencia de ADN complementaria del siguiente fragmento:

3'...AATGCCTGACGATTACC...5'

5. Explica paso a paso (puedes apoyarte en dibujos o esquemas) cómo se produce la replicación.

6. ¿Qué relación hay entre un gen y un carácter?

7. ¿Qué es un triplete? ¿Cómo se denominan los tripletes en el ARNm?

8. Un fragmento de ADN presenta la siguiente secuencia de bases:

3'-AAGCAATGTGGGCGGAGACCACGT5'

Esta secuencia, empleada como molde, tras su expresión, se corresponde a un fragmento de proteína con esta secuencia de aminoácidos: **...Phe-Val-Thr-Pro-Ala-Ser-Gly-Ala...**

- ¿Cuál sería el fragmento de ARNm correspondiente?
 - ¿Qué es un codón? ¿Por qué no podrían estar los aminoácidos codificados por dos bases? ¿Cuál sería el codón de la prolina? ¿Y el de la alanina? Explica a qué se debe.
 - Esta secuencia de ARNm tendrá una pauta de lectura (para producir esa secuencia de aminoácidos). ¿Cómo se habrá establecido?
9. Señala la secuencia de aminoácidos del polipéptido codificado por el siguiente fragmento de ADN: **5'-CCGAATATGCGTAAACGTATGCTTTAATT-3'**

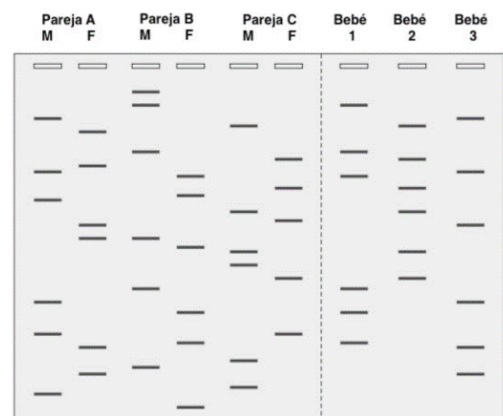
10. Si todas las proteínas están formadas por la combinación de 20 aminoácidos, ¿qué hace que una proteína sea diferente a otra?

11. Explica la contribución de la Biotecnología a la conservación del medio ambiente.

12. Responde a las siguientes cuestiones:

- ¿Qué son las enzimas de restricción?
- ¿Qué es un vector en Ingeniería Genética?
- ¿Qué es un ADN recombinante?

14. Problema: se filtran a la prensa las sospechas de que se han intercambiado tres bebés nacidos el mismo día en la misma maternidad. Ante el escándalo mediático, los responsables del hospital se apresuran a realizar las pruebas de paternidad. **¿De qué pareja es hijo cada uno de los bebés?** Explica el procedimiento que se realiza en los laboratorios para averiguarlo.

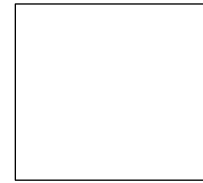


9.4. ANEXO IV. PRUEBA FINAL

EXAMEN UD: "NUESTRO DNI GENÉTICO"

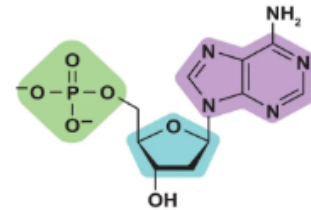
Nombre y Apellidos:

Fecha:



1. Observa la figura y responde las preguntas: (1,5 puntos)

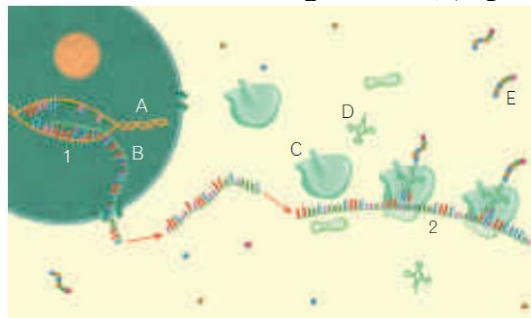
- ¿Qué nombre recibe la molécula que se representa en la figura? Razona tu respuesta.
- ¿Qué larga molécula se forma por la unión de moléculas como la representada en el dibujo?
- ¿Cuál es su importancia biológica?
- ¿En qué lugar de la célula podemos encontrarla?



2. Pon nombre a la esquematización de estos procesos y descríbelos brevemente: (1,5 puntos)

- ADN → ADN
- ADN → ARN
- ARN → Proteínas

3. En la figura aparecen representados esquemáticamente los pasos, orgánulos y moléculas implicados en la expresión de la información genética: (2,5 puntos)



- ¿Se trata de una célula procariota o eucariota? ¿Qué representan las letras y los números?
- ¿Cuál es la secuencia de la hebra de ADN molde de la que se ha transcrito la información? 5'... AUUACUGGCCAUUGGCUAUCA...3'
- ¿Cuál sería la secuencia de aminoácidos que originaría la traducción del ARNm del apartado b)?

4. Señala la función que desempeñan en la Ingeniería Genética: las enzimas de restricción, los plásmidos, las ligasas. (1,5 puntos)

5. Explica el procedimiento que se ha seguido para: (2 puntos)

- Realizar una prueba de paternidad.
- La obtención de un organismo transgénico:

6. Si todas las proteínas están formadas por la combinación de 20 aminoácidos, ¿qué hace que una proteína sea diferente a otra? (1 punto)