



**Universidad**  
Zaragoza



**Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato,  
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas**

*Especialidad en Biología y Geología*

**TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CURSO 2020/2021**

**Aproximación de la biotecnología al aula a través de contextos  
reales: ¡Copia, corta y pega genes! Una propuesta para la enseñanza  
de la biotecnología en 2º de Bachillerato**

*Bringing biotechnology to the classroom through the use of real  
contexts. Cut, copy and paste genes! A proposal for biotechnology  
teaching in 2º Bachillerato*

**Autora: Elena Mata Lozano  
Directora: Helena Circe Gómez Banzo**



<b>Nombre del alumno</b>	<b>Elena Mata Lozano</b>
<b>Director del TFM</b>	<b>Helena Circe Gómez Banzo</b>
<b>Tutor del Centro de Prácticas II</b>	<b>José Miguel Zamora</b>
<b>Centro Educativo</b>	<b>Colegio Salesianos Ntra. Sra. del Pilar</b>
<b>Curso en el que se desarrolla la propuesta</b>	<b>2º de Bachillerato</b>
<b>Tema de la propuesta</b>	<b>Ingeniería genética y biotecnología</b>

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Presentación personal y del currículo académico .....	1
1.2.	Contexto del centro donde se han realizado los Practicum I y II .....	1
1.3.	Presentación del trabajo .....	2
2.	ANÁLISIS DIDÁCTICO DE DOS ACTIVIDADES Y SU APLICACIÓN EN EL PRACTICUM ..	3
2.1.	Diseño de una programación didáctica .....	3
2.2.	Diseño de actividades de aprendizaje de biología y geología: análisis de noticias de prensa .....	4
3.	PROPUESTA DIDÁCTICA.....	6
3.1.	Título y nivel educativo .....	6
3.2.	Evaluación inicial.....	6
3.3.	Objetivos .....	10
3.4.	Marco teórico .....	10
4.	ACTIVIDADES .....	14
4.1.	Contexto del aula y participantes .....	14
4.2.	Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje .....	14
4.3.	Actividades.....	16
4.4.	Evaluación y calificación .....	22
5.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE .....	24
6.	ANÁLISIS CRÍTICO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y PROPUESTA DE MEJORA.....	27
7.	CONSIDERACIONES FINALES .....	29
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
	ANEXO I. Recursos utilizados.....	1
	ANEXO II. Rúbrica propuesta para la evaluación de las producciones del análisis de noticias de prensa.....	2
	ANEXO III. Prueba escrita propuesta para la evaluación de los contenidos teóricos de la unidad didáctica “Ingeniería genética y Biotecnología” de 2º de Bachillerato.....	3

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Presentación personal y del currículo académico

Mi nombre es Elena Mata y tengo 30 años. Desde mi etapa académica en Educación Secundaria Obligatoria (ESO), siempre tuve un claro interés por las ciencias, y principalmente, por la biología. En concreto, el estudio de la genética es uno de los temas que más despertaron mi interés y entusiasmo por la materia durante esta etapa. Por ello, me decanté por estudiar el Grado en Biotecnología al acabar el Bachillerato. Al finalizar mis estudios, decidí enfocar mi carrera hacia la investigación y realicé un máster en Bioquímica y Biología Molecular y Celular. Posteriormente, comencé los estudios de doctorado dentro del programa de Bioquímica y Biología Molecular, que finalicé el pasado año 2020. Concretamente, realicé mi tesis doctoral en el Grupo de Genética de Micobacterias de la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza, a través de un contrato de Formación de Profesorado Universitario (FPU).

Durante el doctorado, he tenido la oportunidad de entrar en contacto directo con el mundo de la investigación biomédica, pero, además, he tenido la oportunidad de realizar algunas funciones docentes, ya que mi tipo de contrato establecía la participación del personal investigador en la docencia a nivel universitario. Por ello, durante estos años, he colaborado en la docencia de las prácticas de diversas asignaturas del Grado de Biotecnología, lo cual siempre ha sido una experiencia enriquecedora a nivel personal. Desde que finalicé el doctorado, he continuado trabajando como investigadora post doctoral en el mismo grupo de investigación, lo cual he compaginado con el estudio de este máster.

Aunque hasta aquí pueda parecer que mi perfil académico y laboral está encaminado al mundo de la investigación, nunca he perdido de vista otra gran vocación, la enseñanza, ya que las experiencias que me han dado la oportunidad de ejercer una labor docente son aquellas que me han resultado más gratificantes y en las que me he sentido más realizada. Por ello, al finalizar mi tesis doctoral decidí estudiar este máster, con el objetivo de complementar mi formación investigadora y abrir otras puertas más allá de la investigación. Además, considero que mi formación como investigadora puede resultar de utilidad de cara a un posible futuro docente, en el cual me gustaría poder fomentar un aprendizaje activo de las ciencias a partir del descubrimiento y la experimentación, acercando a la realidad de los alumnos los principios básicos de la ciencia y de la investigación.

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

Las prácticas se han llevado a cabo en el colegio Salesianos “Ntra. Sra. del Pilar” de Zaragoza. Se trata de un centro privado concertado de carácter cristiano, popular y abierto, que fue fundado en 1940. El centro está ubicado en la Calle María Auxiliadora nº 57, en la zona de “Ciudad Jardín” limítrofe con el barrio de “Delicias”. Gran parte de los alumnos del centro residen en este barrio y en su entorno, a excepción de muchos de

los alumnos que cursan Formación Profesional. Los vecinos del barrio Delicias, en general, no poseen costumbre, tradiciones y valores comunes heredados a causa de la heterogeneidad de la población. Además, en los últimos años, el barrio ha experimentado una inmigración superior a otros barrios de la ciudad. El nivel cultural del entorno del centro puede calificarse de medio-bajo (la mayoría de la población cuenta con estudios primarios, pero son pocos los que cuentan con un título de educación superior).

Forman parte del personal del centro un total de 105 profesores y 23 personas encargadas de administración y servicios, y comprende los niveles de Educación Infantil y Educación Primaria (453 alumnos), Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato (444) y Formación Profesional con ciclos formativos de Formación Profesional Básica (47), Grado Medio (278) y Grado Superior (330). Además, son centro autorizado para impartir la modalidad de bilingüismo CILE 1 en Educación Infantil, Primaria y Secundaria.

En cuanto a las instalaciones, el centro cuenta con un polideportivo y un teatro, dos aulas polivalentes, aulas de ordenadores, aula de música, sala de reuniones, aula magna, talleres, comedor/cafetería, biblioteca, librería y pistas de fútbol sala, baloncesto y atletismo.

### **1.3. Presentación del trabajo**

El presente trabajo expuesto en esta memoria se centra en la descripción de la unidad didáctica impartida durante la realización del Prácticum II, plasmada en una propuesta didáctica de actividades que fue desarrollada durante este periodo de prácticas, así como en la valoración constructiva de la misma. Con ello, se pretende mostrar los aprendizajes adquiridos durante el desarrollo de este máster y la relación entre los conceptos teóricos aprendidos durante el mismo y su aplicación directa.

La propuesta didáctica de este trabajo se implementó en el curso de 2º de Bachillerato y se encuadra en la unidad didáctica “Ingeniería genética y biotecnología”. Puesto que esta unidad contiene una gran cantidad de contenidos relacionados con controversias socio-científicas que se encuentran altamente presentes en la sociedad y en los medios de comunicación, he decidido tratar el tema desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA), tratando de trasladar los contenidos teóricos a la vida cotidiana de los alumnos a través de casos prácticos y contextos reales y de interés para los estudiantes, con el objetivo de aumentar su motivación y favorecer el aprendizaje significativo de los conceptos científicos asociados al tema tratado. Por ello, la propuesta incluye la realización de actividades utilizando noticias de prensa contextualizadas en temas de actualidad como medio para promover el debate, valoración y análisis crítico de las controversias asociadas al tema.

## **2. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE DOS ACTIVIDADES Y SU APLICACIÓN EN EL PRACTICUM**

Durante las distintas asignaturas de este Máster se han realizado diversas actividades encaminadas a la mejora de las habilidades docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este apartado, se analizan desde un punto de vista práctico dos de estas actividades y su utilidad directa a lo largo del Practicum.

### **2.1. Diseño de una programación didáctica**

Esta actividad, encuadrada en la asignatura del primer cuatrimestre “Diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales”, consistió en la realización de una programación didáctica en referencia a un bloque de contenidos de una asignatura relacionada con la especialidad en uno de los cursos de la ESO o Bachillerato.

Considero que esta actividad tiene una gran relevancia para mi formación como futura docente, ya que me permitió acercarme a una de las labores reales de un profesor de secundaria. Por un lado, me permitió conocer el currículo aragonés y la legislación que lo regula, así como las principales fuentes para su consulta. La consulta del currículo de la ESO y Bachillerato me ha permitido conocer los contenidos que se imparten en cada curso, así como los criterios de evaluación asociados, lo cual era desconocido para mí y ha resultado de gran utilidad durante el desarrollo del Practicum, ya me permitió tener un conocimiento previo del currículo oficial de la asignatura que tuve que impartir, así como los recursos necesarios para su consulta. En este sentido, el conocimiento de los conceptos de “estándar de aprendizaje evaluable”, “competencias clave” o “contenidos mínimos” ha resultado igualmente de gran relevancia tanto para el desarrollo posterior de otras asignaturas del Máster como para el diseño y puesta en práctica de la propuesta didáctica desarrollada durante el Practicum, donde se ha tratado de complementar los contenidos teóricos con el desarrollo de las competencias clave.

Aparte del conocimiento del currículo, esta actividad me ha permitido conocer el gran trabajo que existe detrás de la planificación de un curso escolar, que no solo consiste en conocer los contenidos a impartir, sino que implica la organización de unidades didácticas cohesionadas y coherentes, los objetivos, actividades a realizar y su temporalización, así como los recursos necesarios para cada una de ellas. De igual manera, esta actividad me ha permitido comprender la existencia de diferentes instrumentos de evaluación y la importancia de seleccionar el más adecuado para cada actividad. Además, las actividades planteadas deben tener en cuenta otros aspectos no ligados a la asignatura como los elementos transversales o los planes de competencia lingüística. A pesar de que la unidad didáctica que impartí durante el Practicum II no está incluida en ningún plan bilingüe, utilicé vídeos en inglés para fomentar el uso de la lengua extranjera, y se trataron algunos elementos transversales.

En cuanto al desarrollo de las clases, esta actividad me ha permitido conocer la importancia de tener en cuenta los conocimientos iniciales de los alumnos, la presencia de Alumnos con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (ACNEAE) y las

adaptaciones curriculares. En mi caso, la consulta de los contenidos del currículo referentes al tema a impartir trabajados en los cursos anteriores, así como los del curso actual, me sirvió para establecer las bases teóricas del conocimiento de los alumnos respecto al tema. Además, la realización de una evaluación inicial me permitió detectar la presencia de ideas alternativas, lo cual me dio la oportunidad adaptar el desarrollo de las clases. Aunque en el aula en la que he impartido la unidad didáctica durante el Practicum II no había alumnos con necesidad de adaptaciones curriculares, durante el Practicum I pude consultar el Plan de Atención a la Diversidad del centro y conocer las pautas y medidas de actuación que adopta el centro en relación a estos aspectos.

En conclusión, considero que esta actividad me ha proporcionado herramientas muy útiles y necesarias para el desarrollo y organización de la asignatura a impartir tanto durante el Practicum como para un futuro laboral como docente. Además, el diseño de esta programación didáctica constituye una primera aproximación al formato exigido para ello en las oposiciones.

## **2.2. Diseño de actividades de aprendizaje de biología y geología: análisis de noticias de prensa**

Durante la asignatura de diseño de actividades de aprendizaje de biología y geología hemos realizado distintas sesiones prácticas en las cuales hemos llevado a cabo actividades diversas relacionadas con la asignatura como posibles propuestas a aplicar en las aulas. En estas sesiones hemos conocido distintas metodologías de trabajo encuadradas en diferentes cursos y niveles educativos y nos han permitido reflexionar sobre su utilidad práctica y sobre los posibles problemas o limitaciones a los que podemos enfrentarnos como futuros docentes.

Considero que esta asignatura en su conjunto ha resultado especialmente útil a la hora de plantear posibles actividades a realizar en las aulas durante el Practicum II, pero también durante el futuro desarrollo profesional, ya que se han tratado una gran cantidad de temas a través de diversas actividades fácilmente adaptables y transferibles a distintos contextos o niveles educativos, proporcionando una buena base para el desarrollo de diversas propuestas didácticas. En este sentido, he considerado muy positiva la manera de enfocar las actividades hacia la búsqueda de recursos y procedimientos sencillos que resulten de fácil aplicación y adaptables a distintas condiciones.

Por un lado, me gustaría destacar la realización de actividades relacionadas con el campo de la geología, que, aunque no he aplicado durante el Practicum, me han resultado de gran interés para mi futuro docente, ya que, debido a mi formación, mis conocimientos referentes a la geología son escasos. Dado que la asignatura correspondiente a la especialidad incluye contenidos tanto de biología como de geología, considero importante que dispongamos de recursos para trabajar ambos campos con los alumnos independientemente de nuestra formación académica, ya que ambas son importantes para la formación integral de los estudiantes. Por ello, tanto las prácticas realizadas en esta asignatura en referencia a la geología como la asignatura “Contenidos disciplinares en

geología” han constituido para mí algunas de las actividades más formativas e interesantes del Máster de cara a mi futuro docente.

Por otro lado, la actividad realizada en esta asignatura basada en el análisis de noticias de prensa me ha servido como base para el desarrollo de mi propuesta didáctica en la unidad impartida durante en el Practicum II. En esta actividad, elegimos en grupos de trabajo una noticia de prensa de carácter científico de nuestra elección relacionada con algún aspecto del currículo oficial de la asignatura de Biología y Geología en la ESO o Bachillerato, y realizamos un análisis de la misma contestando a diversas preguntas planteadas en relación a la disposición externa de la noticia, la información que contiene y la valoración crítica del artículo. Finalmente, creamos un póster digital a partir del análisis realizado con el objetivo de presentarlo ante los compañeros.

Dado que las restricciones sanitarias impuestas por la situación de pandemia actual en el centro de prácticas no me han permitido el desarrollo de prácticas de laboratorio ni trabajos grupales, he escogido la realización de actividades basadas en el uso y análisis de noticias de prensa con el objetivo de aproximar los contenidos teóricos del tema a los alumnos mediante casos reales y de fomentar su capacidad de argumentación y análisis en torno a las controversias socio-científicas asociadas a las noticias tratadas. Por ello, he trasladado al aula la actividad de análisis de noticias de prensa realizada durante esta asignatura utilizándose como base para el planteamiento de cuestiones relacionadas con la lectura y el análisis de noticias, adaptada en este caso al tratamiento del tema de la biotecnología y la valoración crítica de las controversias asociadas.

### 3. PROPUESTA DIDÁCTICA

#### 3.1. Título y nivel educativo

La propuesta didáctica presentada en este trabajo se ha titulado “*Aproximación de la biotecnología al aula a través de contextos reales*”. Esta propuesta fue implementada en un grupo de 32 alumnos de 2º de Bachillerato y se enmarca en la unidad didáctica Ingeniería Genética y Biotecnología de la asignatura de Biología.

#### 3.2. Evaluación inicial

Para llevar a cabo la evaluación inicial en el desarrollo de la unidad didáctica impartida durante el Practicum II, se ha realizado una revisión bibliográfica referente a las principales ideas alternativas relativas al tema de la biotecnología en alumnos de Bachillerato y Secundaria, la cual se ha utilizado como base para el diseño de una encuesta de evaluación inicial.

Los conocimientos sobre biotecnología en estudiantes de secundaria y bachillerato han sido definidos como escasos por diversos autores, además de estar acompañados de numerosas concepciones erróneas (Dawson, 2007, Ruiz, Banet y López-Banet, 2017 y Chen, Chu, Lin y Chiang, 2016 citados por Ruíz, López-Banet y Ayuso, 2021). Algunas de las concepciones alternativas a destacar detectadas en alumnos de 4º de la ESO y 2º de Bachillerato son el desconocimiento de la posibilidad de transferir genes de unos organismos a otros, la creencia de que solo microorganismos modificados genéticamente producen antibióticos o de que solo tienen genes las plantas transgénicas. Es importante destacar que muchas de estas concepciones erróneas provienen de dificultades en aspectos básicos en otras áreas, principalmente genética y microbiología, que interfieren en la comprensión de la biotecnología y condicionan el aprendizaje de esta materia (Ruíz, López-Banet y Ayuso, 2021 y De la Vega, Lorca y de Las Heras, 2018).

En cuanto al conocimiento de las aplicaciones biotecnológicas, algunos estudios destacan que los estudiantes de entre 15 y 18 años son capaces de citar muy pocas (Ruiz, Banet y López-Banet, 2017), siendo las aplicaciones que peor describe el alumnado de 2º de Bachillerato las relacionadas con el diagnóstico molecular, la terapia génica y el uso de la biotecnología en la industria y el medio ambiente, destacando una comprensión insuficiente de los procesos de fermentación y su uso industrial, a pesar de tratarse de conceptos ampliamente desarrollados en el currículo de este curso. Además, se ha descrito como gran parte de los estudiantes asocian la biotecnología únicamente a la ingeniería genética, desvinculándola de las aplicaciones relacionadas con la biotecnología tradicional (Ruíz, López-Banet y Ayuso, 2021).

Por otro lado, puesto que la biotecnología va acompañada de diversas controversias socio-científicas, principalmente ligadas a la ingeniería genética, resulta importante conocer la posición de los estudiantes respecto a ellas de cara a la evaluación inicial y a la forma de enfocar el desarrollo de las clases. En general, diversos estudios muestran

cómo los estudiantes de Bachillerato y 4º de la ESO muestran una actitud favorable hacia las aplicaciones orientadas a la biomedicina. Además, se ha descrito que la opinión del alumnado acerca del uso de organismos modificados genéticamente depende del organismo utilizado, mostrándose, en general, favorables al uso de microorganismos en biotecnología, pero mostrando un mayor rechazo hacia el uso de vegetales, animales y personas, a no ser que la finalidad sea la producción de fármacos o el estudio de enfermedades, donde suele aplicarse la predisposición conocida como “máximo de salud” (Ruíz, López-Banet y Ayuso, 2021 y De la Vega, Lorca y de Las Heras, 2018).

En base a las conclusiones y resultados de la revisión bibliográfica expuesta, se diseñó una encuesta de evaluación inicial que los alumnos completaron al comienzo de la unidad didáctica. Dicha encuesta se realizó mediante un formulario de Google Forms y en ella se incluyeron distintos tipos de preguntas, que podemos agrupar en cuestiones referidas a conocimientos previos (opción múltiple), evaluación de ideas alternativas (verdadero/falso) y preguntas de opinión (A favor/En contra/Indiferente). Respecto a las preguntas referentes a los conocimientos previos de los alumnos, los resultados muestran que, en general, el nivel de conocimientos es adecuado de cara al desarrollo de la unidad didáctica, ya que el porcentaje de aciertos es mayor del 70% en todas ellas, excepto en la definición de plásmido (Figura 1). Para plantear estas preguntas, se analizó el currículo del curso de 2º de Bachillerato y de los cursos anteriores en referencia al tema de la biotecnología y de los temas relacionados con la genética y la biología molecular, ya que en estos conceptos sientan las bases de la ingeniería genética y de gran parte de procesos biotecnológicos.

Por otro lado, se les plantearon algunas preguntas para valorar el grado de conocimientos previos que poseen respecto al tema a impartir (Figura 2). Las respuestas de los alumnos revelan que la mayoría de ellos conoce los términos biotecnología (87,6%) y ADN recombinante (93,8%), sin embargo, no saben explicar lo que es. Además, sólo un bajo porcentaje de estudiantes (37,5%) afirma conocer alguna aplicación biotecnológica, y entre aquellas que conocen, todas las mencionadas están relacionadas con la medicina, además de con conceptos muy amplios y poco precisos como “análisis de diversas sustancias” o “investigación en laboratorios”. Estos resultados evidencian un desconocimiento por parte de los alumnos de aplicaciones biotecnológicas en ámbitos como la industria, la agricultura o el medio ambiente.

A pesar de que, en general, los alumnos han respondido de manera acertada a preguntas sobre aspectos concretos de genética molecular, las respuestas a las preguntas de tipo verdadero/falso ponen de manifiesto la presencia de concepciones alternativas a tener en cuenta (Tabla 1). Por un lado, el 37,5% de los alumnos consideran que sólo los tomates transgénicos tienen genes. Sin embargo, la mayoría de los alumnos (96,9%) afirman que al comer carne estamos comiendo ADN. Estas respuestas evidencian la presencia de concepciones erróneas respecto al concepto básico de que todos los seres vivos tienen genes, ya que, aunque los alumnos sí que consideran que los animales tienen ADN, y, por tanto, genes, esto no parece estar tan claro en el caso de las plantas. Por otro

lado, solo el 46,9% de la clase considera que la producción de vino o cerveza son procesos biotecnológicos, lo cual, en concordancia con estudios previos (Ruíz, López-Banet y Ayuso, 2021 y De la Vega, Lorca y de Las Heras, 2018), pone de manifiesto el desconocimiento de las aplicaciones de biotecnología tradicionales y aplicadas a la industria.

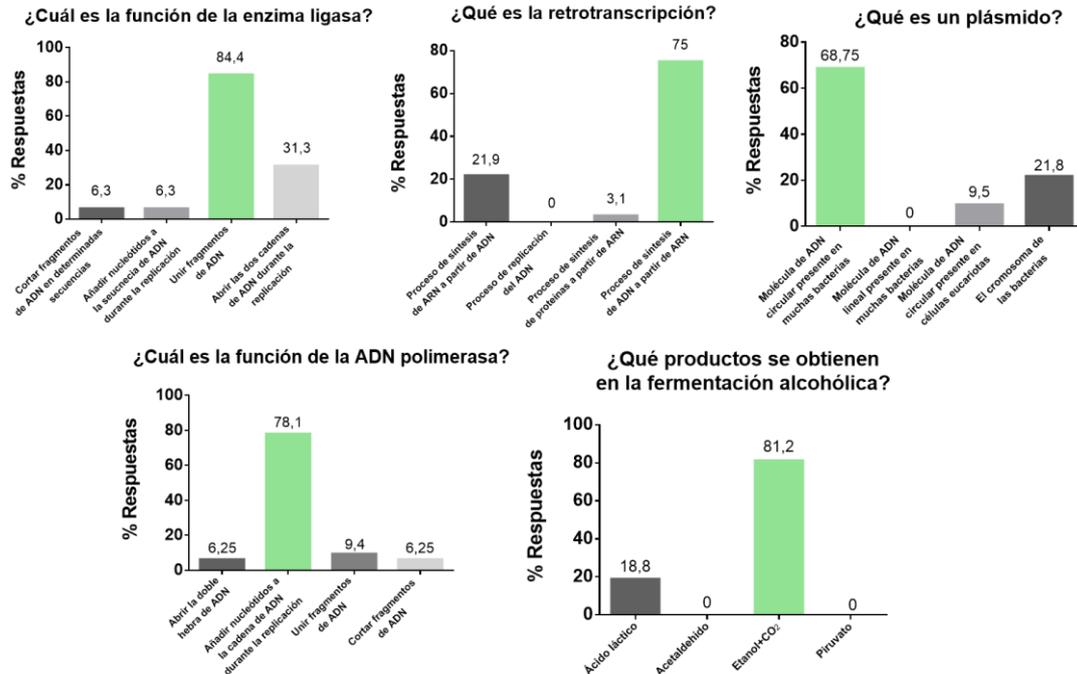


Figura 1. Resultados de los porcentajes de elección de las preguntas de opción múltiple referentes al nivel de conocimientos previos de los alumnos incluidas en la evaluación inicial. La respuesta correcta se muestra en verde.

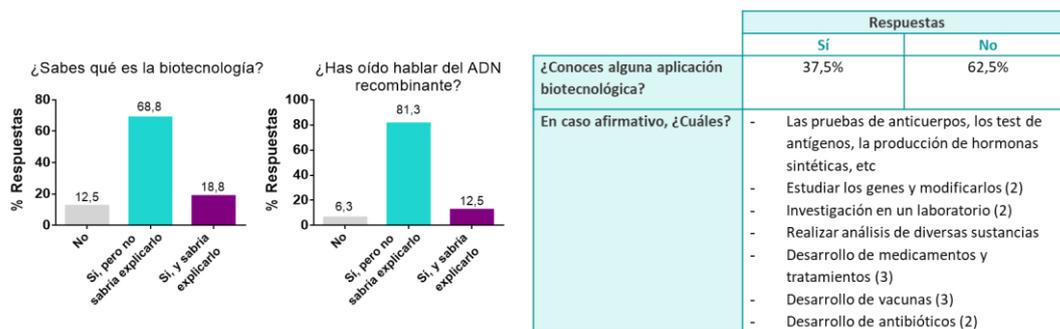


Figura 2. Respuestas a las preguntas referentes a los conocimientos previos de los alumnos respecto a la biotecnología incluidas en la evaluación inicial.

Otras concepciones alternativas importantes puestas de manifiesto en estas respuestas están relacionadas con la diferencia entre los conceptos de genotipo y fenotipo, ya que el 25% de los alumnos consideran que la clonación de seres humanos daría una descendencia idéntica, incluyendo rasgos físicos y de personalidad. En conjunto, estos resultados muestran, por un lado, el desconocimiento de distintos aspectos relacionados con la biotecnología, y, por otro lado, la presencia de concepciones alternativas relacionadas con conceptos básicos de genética.

Tabla 1. Respuestas a las preguntas referentes a las concepciones alternativas incluidas en la evaluación inicial (n=32). Leyenda de colores: rojo [25-50), naranja [50-75), y verde [75-100].

	<b>Respuesta correcta (%)</b>
Los tomates transgénicos contienen genes mientras que los normales no (F)	62,5
Cuando comes carne estás comiendo también ADN (V)	96,9
Es posible transferir genes de animales a plantas (V)	56,3
La producción tradicional del vino o la cerveza se considera biotecnología (V)	46,9
Sólo los microorganismos genéticamente modificados pueden producir antibióticos (F)	71,9
La clonación de seres humanos daría una descendencia totalmente idéntica, incluyendo rasgos físicos y de personalidad (F)	75

Finalmente, los resultados de la encuesta en cuanto a la posición de los alumnos ante determinadas aplicaciones biotecnológicas, que a menudo se relacionan con controversias éticas, muestra que, de acuerdo a lo descrito en estudios previos (Ruíz, López-Banet y Ayuso, 2021 y De la Vega, Lorca y de Las Heras, 2018), la mayoría de ellos se muestra favorable a las aplicaciones relacionadas con la biomedicina, como la terapia génica o la obtención de fármacos. Sin embargo, pese a que el porcentaje de respuestas indiferentes es alto, puede observarse como el uso de animales en investigación o de animales modificados genéticamente genera un mayor rechazo (Tabla 2).

En conjunto, los resultados de la evaluación inicial me permitieron adaptar el desarrollo de las clases al nivel de los alumnos y conocer aquellos conceptos en los que debía hacer especial hincapié con el objetivo de transformar sus concepciones alternativas, incluyendo el repaso de algunos conceptos básicos clave como el concepto de gen, genotipo y fenotipo. De la misma manera, el desconocimiento detectado respecto a la definición de la biotecnología y sus diversos campos de aplicación me llevaron a incluir estos contenidos e incidir desde el principio en ellos.

Además de esta evaluación inicial, el nivel de conocimientos de los alumnos se ha establecido de forma complementaria mediante la observación directa de las clases previas, la revisión de los contenidos relacionados presentes en el currículo de los cursos previos y del historial académico de los alumnos. Finalmente, en la encuesta se incluyó una pregunta respecto a sus expectativas de futuro con el objetivo de evaluar su grado general de interés y motivación por la ciencia, a la cual el 84,4% de los alumnos respondieron que tenían intención de estudiar algo relacionado con la ciencia el próximo curso. A partir de este dato, junto con la observación directa de una elevada participación en clase y las calificaciones previas de los alumnos en esta asignatura, podemos establecer que el interés y motivación por la ciencia en este grupo-clase es medio-alto.

*Tabla 2. Respuestas de la evaluación inicial relacionadas con la actitud hacia diferentes aplicaciones de la biotecnología (n=32)*

	Respuestas (%)		
	A favor	En contra	Indiferente
Modificar genéticamente animales para estudiar enfermedades humanas	40,6	40,6	18,8
Alteración de genes de células humanas para tratar enfermedades	87,5	-	12,5
Cultivar vegetales genéticamente modificados con mejor aspecto, maduración tardía, etc	68,8	15,6	15,6
Usar vacas genéticamente modificadas para mejorar la calidad de la carne y la leche	31,3	46,9	21,9
Usar vacas genéticamente modificadas para producir medicinas de uso humano	40,6	34,4	25
Clonación de especies en peligro de extinción	65,6	9,4	25

### 3.3. Objetivos

Los objetivos didácticos que se pretenden alcanzar con esta propuesta son los siguientes:

- Comprender el concepto de biotecnología, ingeniería genética, organismos transgénicos y organismos genéticamente modificados (OGM)
- Conocer la técnica de la PCR y sus aplicaciones, y relacionarla con el proceso de replicación del ADN
- Entender el proceso de obtención de ADN recombinante y la función de las enzimas de restricción, las enzimas ligasas y los vectores
- Conocer ejemplos de aplicaciones biotecnológicas aplicadas al campo de la medicina, agricultura, industria y medioambiente, y valorar el papel de los organismos genéticamente modificados en estos procesos
- Comprender las reacciones fermentativas de interés industrial, así como citar y reconocer ejemplos de las mismas
- Identificar las controversias socio científicas relacionadas la aplicación de la ingeniería genética y valorar las implicaciones sociales y éticas de las mismas
- Analizar de forma crítica el contenido de noticias de prensa de carácter científico

### 3.4. Marco teórico

#### Justificación de la propuesta didáctica

La propuesta de intervención didáctica de este trabajo se basa en la aplicación de la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) y las metodologías de enseñanza contextualizada de las ciencias al aprendizaje de la biotecnología a partir de ejemplos y contextos reales que puedan resultar de interés o cercanos al contexto social del alumnado.

Durante las últimas décadas, se ha puesto de manifiesto una notable disminución de las vocaciones científicas en el alumnado europeo, lo cual se ha relacionado con una educación científica desconectada del mundo en el que vivimos (Rocard et al., 2007 citado por Guerrero-Márquez y García-Carmona, 2020). En este sentido, diversos trabajos evidencian que la contextualización de los conceptos, modelos y fenómenos científicos para su aplicación en situaciones de la vida cotidiana es una estrategia didáctica que promueve la motivación del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias y la adquisición de actitudes positivas hacia la ciencia, fomentando un aprendizaje más significativo de los conocimientos científicos (Marchán-Carvajal y Sanmartí, 2015). El enfoque CTSA en educación se basa en propuestas de enseñanza científica que integren aspectos sociales relacionados con el desarrollo científico y tecnológico adecuados a las necesidades e intereses de los estudiantes y de la sociedad actual, con el objetivo de vincular la enseñanza de las ciencias con los fenómenos de la vida cotidiana y sus implicaciones sociales (Fernandes, Pires y Villamañán, 2014).

De acuerdo a la bibliografía, los contextos seleccionados deben ser una temática real para los alumnos, cuya relevancia dependerá principalmente del entorno sociocultural de los estudiantes y de su divulgación en medios de comunicación. Además, el contexto debe crear curiosidad y generar en los alumnos la necesidad de saber más ciencia para entender la situación que los motiva, lo que se conoce como “need-to-know-principle” (Marchán-Carvajal y Sanmartí, 2015). Por ello, en el desarrollo de esta unidad didáctica se han utilizado como contextos cercanos de interés para el alumnado la pandemia por el nuevo coronavirus, el uso de noticias de prensa relacionadas con la ingeniería genética o los argumentos de películas de ciencia ficción. Por un lado, se han introducido ejemplos y actividades contextualizadas durante las clases teóricas, y, por otro lado, se ha llevado a cabo una actividad basada en el análisis crítico de noticias de prensa con el objetivo de fomentar el debate, la argumentación y pensamiento crítico de los alumnos en torno a diversas controversias socio-científicas asociadas al tema de estudio.

La elección de utilizar noticias de prensa como herramienta didáctica para el aprendizaje contextualizado de las ciencias se basa en que la biotecnología está inmersa en controversias socio-científicas (CSC) asociadas al uso de algunas de sus aplicaciones, entendiendo por CSC cuestiones sociales controvertidas asociadas a principios científicos, formadas por problemas que carecen de soluciones simples y directas (Díaz, N., 2018). Estos aspectos implican que el alumnado no solo debe conocer los principios biológicos asociados a la biotecnología, sino también valorar los posibles beneficios y riesgos derivados de su aplicación a nivel social, legal y ético (Ruíz, López-Banet y Ayuso, 2021).

Por otro lado, las controversias asociadas al tema de la biotecnología generan una gran cantidad de concepciones alternativas en la población general y en los alumnos, normalmente suscitadas por los medios de comunicación, ya que constituyen una de las principales fuentes de información científica para la población y son generadores de opinión pública sobre cuestiones socio-científicas, especialmente la prensa diaria, y en

particular, la prensa digital (De la Vega, Lorca y de Las Heras, 2018, Enrique, Cabo y Crotiñas, 2007, Ruíz, López-Banet y Ayuso, 2021). En este contexto, diversos estudios destacan la importancia de la argumentación crítica en el aula, ligada a la lectura reflexiva y comentario grupal de noticias del ámbito científico como estrategias didácticas para promover la alfabetización científica (Díaz y Jiménez-Liso, 2012, Hevia y Linares, 2012, Jiménez-Liso y Hernández-Villalobos, 2010, Oliveras, Márquez y Sanmartí, 2011). En conclusión, la reflexión y análisis de cuestiones CTSA, como las relacionadas con la biotecnología, contribuye a mejorar la comprensión de los conceptos científicos y favorecen la contextualización de la ciencia escolar en la realidad cotidiana y el desarrollo del pensamiento crítico ante temas controvertidos.

Por ello, esta propuesta pretende, dentro de una propuesta enmarcada en la educación contextualizada de las ciencias, promover la adquisición del pensamiento crítico y reflexivo en los alumnos respecto a controversias y aplicaciones biotecnológicas, con el objetivo final de que puedan construir opiniones propias para la toma de decisiones responsables ante asuntos socio-científicos y aplicar las capacidades de análisis crítico adquiridas tanto a este como a otros contextos científicos.

#### Justificación de la metodología utilizada

En el desarrollo de esta unidad didáctica se han combinado las clases magistrales con la implementación de algunas metodologías innovadoras con el objetivo de favorecer la interacción profesor-alumno.

Según De Longhi et al. (2012), en la clase expositiva tradicional, el docente impone al alumno una secuencia de contenidos, esperando únicamente la reproducción de los mismos. Este tipo de circuito unidireccional genera distancia entre el interlocutor y el alumno. Sin embargo, se ha descrito como otro tipo de circuitos discursivos basados en la realización de preguntas que fomentan la participación activa de los estudiantes favorece la capacidad argumentativa y el aprendizaje significativo (De Longhi et al., 2012). Por ello, durante las clases teóricas se ha tratado de incentivar la participación del alumnado mediante preguntas que, a su vez, permitieran a los alumnos establecer relaciones de los contenidos nuevos con sus conocimientos previos. Por ejemplo, la PCR se relacionó con el proceso de replicación del ADN en la célula, que habían trabajado en los temas anteriores.

Además, durante todas las sesiones se han intercalando las explicaciones teóricas con distintas actividades de carácter participativo asociadas a contextos reales relacionados con la biotecnología. En este sentido, se ha aplicado la técnica de la lluvia de ideas con el objetivo de que los alumnos recopilaran y propusieran formas de desarrollar una vacuna contra la Covid-19. Esta metodología tiene como objetivo favorecer la participación, iniciativa y creatividad de los alumnos (Al-Samarraie y Hurmuzan, 2018), además de poner en práctica los conocimientos teóricos aprendidos aplicándolos a un contexto real.

Finalmente, se han dedicado dos sesiones a la realización de actividades relacionadas con el análisis de noticias de prensa. En primer lugar, se ha recurrido a la gamificación, considerada por Kapp (2012) como el “empleo de la mecánica del juego en entornos no lúdicos con el objetivo de crear motivación, concentración y esfuerzo promoviendo el aprendizaje”. Existen muchas formas de aplicar la gamificación en el aula y diversos estudios demuestran que este tipo de dinámicas tienen efectos muy positivos favoreciendo la motivación y el aprendizaje significativo del alumnado (Kapp, 2012). En esta propuesta se ha realizado un juego participativo de tipo verdadero/falso utilizando titulares de noticias de prensa relacionadas con la ingeniería genética y los contenidos trabajados en las sesiones previas. Además, la temática de las noticias utilizadas durante el juego se utilizó como base para establecer un pequeño debate argumentativo sobre las distintas controversias socio-científicas asociadas a ellas.

Por otro lado, los alumnos llevaron a cabo un análisis crítico de algunas de las noticias utilizadas en el juego mediante su lectura y análisis a través del planteamiento de diversas cuestiones, basadas en las distintas categorías descritas por Oliveras, Márquez y Sanmartí, 2013. Para ello, se utilizó la metodología Think Pair Share, ya que se ha descrito como una estrategia de discusión cooperativa que favorece el desarrollo del pensamiento crítico en los alumnos (Kaddoura, 2013).

Pese a que se han intentado utilizar metodologías diversas, cabe destacar que la puesta en práctica de determinadas metodologías educativas ha estado altamente limitada por situación de pandemia actual, ya que no han podido realizar prácticas de laboratorio ni actividades grupales. En conjunto, se espera que la combinación de las clases magistrales participativas con las diversas actividades planteadas utilizando distintas metodologías tenga como resultado un aumento de la motivación y participación en el aula que favorezca un aprendizaje significativo.

## 4. ACTIVIDADES

### 4.1. Contexto del aula y participantes

El aula de 2º de Bachillerato en la que se ha impartido esta unidad didáctica está formada por un grupo de 32 alumnos de la especialidad de ciencias de la rama sanitaria. El grupo está compuesto por 26 chicas y 6 chicos, uno de los cuales se encuentra repitiendo curso con algunas asignaturas pendientes de 1º de Bachillerato. En cuanto a las necesidades educativas especiales del alumnado, no hay alumnos con adaptaciones curriculares en el grupo, pero uno de los alumnos presenta síndrome de Asperger. Dicho alumno muestra interés y esta condición no le impide seguir el ritmo de la clase, pero puede presentar ciertas dificultades de aprendizaje respecto al resto a tener en cuenta.

Durante la asistencia a las clases previas a impartir la unidad didáctica, se observó que, en general, el grupo presenta interés por la asignatura y tiene una buena actitud durante las clases, son participativos y hacen preguntas, generando un buen clima en el aula. Por otro lado, al encontrarse en el último curso previo al examen de Selectividad, en general los alumnos de este grupo muestran interés por obtener calificaciones altas, teniendo varios de ellos el objetivo de acceder a carreras universitarias con altas notas de corte. El hecho de haber realizado las prácticas durante el periodo final del curso, contribuye a que se aprecie en el grupo un ambiente de cierto estrés y preocupación como consecuencia de las calificaciones finales. En este sentido, la información proporcionada por el profesor tutor acerca de las calificaciones obtenidas en los últimos exámenes de la asignatura revela que hay pocos suspensos y que la mayoría de los alumnos de esta clase obtienen calificaciones altas, estando muchos de ellos en torno al notable.

La distribución espacial del aula dispone a los alumnos en mesas con separación individual. Como recursos, el aula dispone de un ordenador con acceso a Internet y un proyector con pantalla y altavoces.

### 4.2. Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje

La unidad didáctica “Ingeniería Genética y Biotecnología” en la que se encuadra esta propuesta agrupa conocimientos de distintos bloques de contenidos. Concretamente, los contenidos relacionados con esta propuesta corresponden a los bloques de contenidos 3 (Genética y Evolución) y 4 (El mundo de los microorganismos y sus aplicaciones. Biotecnología). En la Tabla 3 se recogen los contenidos, criterios de evaluación, estándares de evaluación (EAE) y competencias clave (CC) relacionados con esta unidad didáctica, según la orden ECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Tabla 3. Resumen de los contenidos, criterios de evaluación, EAE y CC asociadas a la unidad didáctica “Ingeniería genética y biotecnología”

<b>BLOQUE 3. Genética y Evolución</b>		
<b>CONTENIDOS:</b> La ingeniería genética. Principales líneas actuales de investigación. Organismos modificados genéticamente. Proyecto genoma: Repercusiones sociales y valoraciones éticas de la manipulación genética y de las nuevas terapias génicas.		
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>EAE</b>	<b>CC</b>
Crit.BI.3.8. Desarrollar los avances más recientes en el ámbito de la ingeniería genética, así como sus aplicaciones.	Est.BI.3.8.1. Resume y realiza investigaciones sobre las técnicas desarrolladas en los procesos de manipulación genética para la obtención de organismos transgénicos.	CMCT-CAA
Crit.BI.3.9. Analizar los progresos en el conocimiento del genoma humano y su influencia en los nuevos tratamientos.	Est.BI.3.9.1. Reconoce los descubrimientos más recientes sobre el genoma humano y sus aplicaciones en ingeniería genética valorando sus implicaciones éticas y sociales.	CMCT-CSC
<b>BLOQUE 4. El mundo de los microorganismos y sus aplicaciones. Biotecnología.</b>		
<b>CONTENIDOS:</b> La Biotecnología. Utilización de los microorganismos en los procesos industriales: Productos elaborados por biotecnología.		
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>EAE</b>	<b>CC</b>
Crit.BI.4.6. Evaluar las aplicaciones de la biotecnología y microbiología en la industria alimentaria y farmacéutica y en la mejora del medio ambiente.	Est.BI.4.6.1. Reconoce e identifica los diferentes tipos de microorganismos implicados en procesos fermentativos de interés industrial. Est.BI.4.6.2. Valora las aplicaciones de la biotecnología y la ingeniería genética en la obtención de productos farmacéuticos, en medicina y en biorremediación para el mantenimiento y mejora del medio ambiente, y en procesos alimenticios.	CMCT-CSC

Las competencias clave que pretenden desarrollarse en esta unidad didáctica corresponden principalmente a la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT), la competencia de aprender a aprender (CAA) y la competencia social y cívica (CSC). Todas ellas se han trabajado a lo largo de toda la unidad didáctica. Además, a lo largo de la unidad didáctica se han desarrollado otras competencias de forma transversal, como la competencia lingüística (CL), que se ha trabajado durante toda la unidad, o la competencia del sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (CIEE), que ha entrado en juego en una de las actividades propuestas en base a la técnica de la lluvia de ideas.

Además, las actividades realizadas durante esta propuesta didáctica están directamente relacionadas con los siguientes objetivos de la asignatura de Biología de 2º de Bachillerato, recogidos en la orden ECD/494/2016:

- Obj.BI.2. Interpretar la naturaleza de la biología, sus avances y limitaciones y las interacciones con la tecnología y la sociedad. Aprender a apreciar la aplicación de conocimientos biológicos, tales como el genoma humano, la ingeniería genética, la biotecnología, etc., para resolver problemas de la vida cotidiana y valorar los diferentes aspectos éticos, sociales, ambientales, económicos, políticos, etc., relacionados con los nuevos descubrimientos, desarrollando valores y actitudes positivas y críticas hacia la ciencia y la tecnología por su contribución al bienestar humano, a la mejora de las condiciones de vida actuales y a la conservación del medio natural.

- Obj.BI.3. Utilizar información procedente de distintas fuentes, incluidas las Tecnologías de la Información y la Comunicación, para formarse una opinión fundamentada y crítica sobre los problemas actuales de la sociedad relacionados con la Biología, como son la salud y el medio ambiente, la biotecnología, etc., y poder así adoptar una actitud responsable y abierta frente a diversas opiniones.

### 4.3. Actividades

Esta propuesta didáctica consta de 5 sesiones de 50 minutos cada una. Durante ellas, se han utilizado distintas metodologías combinando teoría y práctica desde una perspectiva de educación contextualizada de las ciencias. A continuación, se detallan las actividades llevadas a cabo durante cada sesión.

#### **SESIÓN 1. Introducción a las técnicas de ingeniería genética: PCR**

Durante la primera sesión, se realizó una evaluación inicial (detallada en el apartado III.b-Evaluación inicial), así como una exposición teórica de los contenidos más importantes y, finalmente, se llevó a cabo un ejercicio de resolución de casos prácticos.

Los objetivos de esta sesión son:

- Evaluar los conocimientos previos de los alumnos relacionados con la biotecnología y la ingeniería genética
- Comprender el concepto de biotecnología e ingeniería genética
- Conocer la base molecular de la técnica de la PCR y sus distintas aplicaciones
- Comprender el concepto de ADN recombinante, organismos transgénicos y OMG

Contenidos: definición de biotecnología y sus campos de aplicación. Definición de ingeniería genética e introducción a las principales técnicas de manipulación génica. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR): mecanismo y aplicaciones. Definición de ADN recombinante, organismo transgénico y OMG.

#### Actividades realizadas

En primer lugar, se llevó a cabo la explicación de los conceptos de biotecnología, ingeniería genética y de la técnica de la PCR utilizando la metodología de clase expositiva, basando la clase magistral en circuitos discursivos de interacción con los

alumnos a través de la realización de preguntas, ya que se ha descrito como este tipo de circuitos discursivos favorece la participación activa y el aprendizaje significativo en contraposición al circuito unidireccional del mensaje establecido en la clase expositiva tradicional (De Longhi et al., 2012). Por ejemplo, inicialmente se instó a los alumnos a que trataran de definir la palabra biotecnología, y se les animó a repasar de forma participativa el proceso de replicación del ADN, comparándolo con el proceso molecular de la PCR y relacionándolo así con sus conocimientos previos. La explicación teórica se apoyó en la proyección de un vídeo de 7 minutos de duración sobre el proceso de la PCR y sus distintas aplicaciones. Al tratarse de un tema de actualidad presente en la vida cotidiana actual de los alumnos, se explicó el proceso de diagnóstico del nuevo coronavirus SARS-CoV-2 mediante PCR, con el objetivo de contextualizar los aspectos teóricos tratados en situaciones reales de interés para los estudiantes.

A continuación, se llevó a cabo un ejercicio de resolución de casos prácticos consistente en la interpretación de resultados de PCR de detección de la COVID-19. Para ello, se proyectaron distintas gráficas, correspondientes a posibles resultados de PCR, ante las cuales se debía emitir un diagnóstico positivo, negativo o indeterminado, discutiendo los resultados de forma participativa. En la siguiente tabla se resume la temporalización y recursos utilizados para las actividades realizadas durante esta sesión.

*Tabla 4. Temporalización y recursos utilizados en las actividades de la sesión 1.*

Sesión 1		
Actividad	Temporalización	Recursos
Evaluación inicial	10 minutos	Formulario de Google Forms y dispositivos móviles
Exposición teórica	30 minutos	- Presentación PowerPoint y proyector - Vídeo Youtube (canal: Amoeba Sisters, PCR)
Resolución participativa de casos prácticos	10 minutos	Presentación PowerPoint y proyector

## **SESIÓN 2. ADN recombinante y biotecnología aplicada al sector sanitario**

Durante la segunda sesión, se realizó una exposición teórica y se llevó a cabo una actividad participativa utilizando la técnica de la lluvia de ideas.

### Objetivos

- Comprender los pasos necesarios en el proceso de obtención de ADN recombinante
- Conocer el concepto de endonucleasas de restricción, vectores de clonación y plásmidos
- Conocer distintas aplicaciones de la biotecnología en biomedicina

Contenidos: Pasos para la obtención de ADN recombinante. Definición de enzimas de restricción, vectores y plásmidos. Aplicaciones de la biotecnología en el sector sanitario: obtención de productos de interés farmacéutico, producción de antibióticos, terapia génica, organismos transgénicos como modelos de enfermedades, producción de vacunas recombinantes.

#### Actividades realizadas

Durante esta clase, se continuó con la explicación teórica del tema, siguiendo la misma metodología que la descrita en la sesión 1. En primer lugar, se hizo un breve repaso de la clase anterior y continuación, se explicó el proceso de obtención de ADN recombinante y las aplicaciones de la ingeniería genética y la biotecnología en el sector sanitario, haciendo especial hincapié en aquellos conceptos importantes de cara al examen de selectividad. Se explicó la producción de insulina en bacterias recombinantes, la terapia génica, los animales transgénicos como modelo de enfermedades humanas y finalmente, las vacunas recombinantes. Para ello, se utilizó el ejemplo de algunas vacunas contra la Covid-19 como las de Astrazeneca, Janssen o Sputnik, con el objetivo de trasladar nuevamente la teoría a un contexto cercano y de interés para los alumnos en el momento actual.

Durante la última parte de la clase, se realizó una breve lluvia de ideas sobre distintas formas de obtener una vacuna contra la COVID-19. Para ello, los alumnos deben aplicar los conocimientos aprendidos durante esta sesión y relacionarlos con sus conocimientos previos sobre inmunología y vacunas, trabajados durante la unidad didáctica anterior. Para llevar a cabo la actividad, se pidió a los alumnos que se pusieran en el papel de responsables de una empresa farmacéutica que necesita sacar una vacuna al mercado y pensarán en el mayor número de alternativas posibles, las cuales discutimos y apuntamos en la pizarra. Pese a que esta actividad no tuvo continuación debido a la falta de tiempo disponible, en el apartado de propuestas de mejora se detalla una propuesta de actividad evaluable como continuación a la lluvia de ideas. En la siguiente tabla se resume la temporalización y recursos utilizados para las actividades realizadas durante esta sesión.

*Tabla 5. Temporalización y recursos utilizados en las actividades de la sesión 2.*

Sesión 2		
Actividad	Temporalización	Recursos
Exposición teórica	35 minutos	Presentación PowerPoint y proyector
Lluvia de ideas	15 minutos	- Presentación PowerPoint y proyector - Pizarra

### **SESIÓN 3. Biotecnología aplicada a la agricultura, industria y medioambiente**

Durante esta sesión se realizó una exposición teórica y se llevó a cabo la resolución de ejercicios prácticos de selectividad.

### Objetivos

- Conocer distintas aplicaciones de la biotecnología en la agricultura, la industria y el medioambiente y valorar sus repercusiones
- Comprender y diferenciar los procesos de fermentación alcohólica y fermentación láctica utilizados en la industria alimentaria
- Aplicar los conocimientos aprendidos a la resolución de problemas prácticos del examen de selectividad

Contenidos: aplicaciones de la biotecnología a la agricultura: plantas transgénicas, biofertilizantes e insecticidas biológicos. Aplicaciones de la biotecnología en la industria: obtención de enzimas, fermentaciones de interés industrial (obtención del vino, la cerveza, el pan y el yogur). Aplicaciones de la biotecnología en el medioambiente: biorremediación, biocombustibles, bioplásticos.

### Actividades realizadas

Durante la clase, se llevó a cabo la exposición teórica de las aplicaciones biotecnológicas en el sector agrícola, industrial y medioambiental, siguiendo el modelo de clase expositiva descrito en la sesión 1. Durante esta sesión, se trataron las controversias sociales derivadas del cultivo de plantas transgénicas y se hizo especial hincapié en el concepto de biorremediación y de los procesos fermentativos de interés en la industria alimentaria, debido a su importancia de cara al examen de selectividad.

El resto del tiempo de la clase se dedicó a resolver ejercicios de selectividad relacionados con el tema. Para ello, se proyectó el enunciado de diversos ejercicios extraídos de exámenes de años anteriores y se eligió un alumno voluntario o al azar para leer el enunciado y resolverlo, corrigiendo y comentando la respuesta de manera común. En la siguiente tabla se resume la temporalización y recursos utilizados para las actividades realizadas durante esta sesión.

*Tabla 6. Temporalización y recursos utilizados en las actividades de la sesión 3.*

Sesión 3		
Actividad	Temporalización	Recursos
Exposición teórica	30 minutos	Presentación Power Point y proyector
Resolución de ejercicios prácticos de selectividad	20 minutos	- Presentación Power Point y proyector - Ejercicios de selectividad extraídos de exámenes de años anteriores - Pizarra

## **SESIÓN 4 y 5. Biotecnología e ingeniería genética en la prensa**

Durante las dos últimas sesiones de clase de esta unidad, se realizó una actividad centrada en el uso y análisis de noticias de prensa para el aprendizaje contextualizado de la biotecnología y de las controversias socio-científicas (CSC) derivadas de algunas de sus aplicaciones.

### Objetivos

- Conocer ejemplos reales de aplicaciones biotecnológicas
- Identificar las CSC derivadas de algunas aplicaciones biotecnológicas
- Valorar los distintos puntos de vista alrededor de las CSC presentes en la clonación, los transgénicos y la edición genética de embriones
- Analizar de forma crítica el contenido de noticias de prensa de carácter científico, contrastando las fuentes de información y su fiabilidad

Contenidos: Aplicaciones y avances recientes en biotecnología e ingeniería genética. Repercusiones sociales y valoraciones éticas de las CSC asociadas a la manipulación genética. Análisis crítico de noticias de prensa de carácter científico.

### Actividades realizadas

La actividad realizada durante estas dos sesiones está compuesta de dos partes principales:

#### Parte 1. Gamificación: ¿Realidad o ficción?

La primera parte de la actividad se basa en el uso de técnicas de gamificación y consiste en el desarrollo de un juego participativo de tipo verdadero/falso. Utilizando una presentación PowerPoint, se proyectaron titulares de noticias de prensa relacionadas con la biotecnología, algunos de ellos verdaderos y otros falsos. Una vez proyectado el titular, los alumnos votaron si consideran que el titular corresponde a una noticia verdadera o falsa. Tras la votación, se desveló la respuesta y se hizo una breve explicación en relación a la noticia, animando a los alumnos a identificar las controversias éticas asociadas a ella para debatir brevemente sus opiniones, tratando de expresar los distintos puntos de vista y argumentos a favor y en contra. Las temáticas tratadas son: clonación, terapia génica, edición genética de embriones y organismos transgénicos. Además, como parte de la actividad se establecieron relaciones entre determinadas noticias incluidas en el juego con algunas películas de ciencia ficción, como Parque Jurásico, y se discutió la posible veracidad de sus argumentos.

En esta parte de la actividad se pretende captar la atención de los alumnos aproximando los contenidos teóricos vistos en clase a contextos que despierten su interés por saber más sobre el tema, con el objetivo de aumentar su motivación de cara a la segunda parte de la actividad.

## Parte 2. Análisis crítico de noticias de prensa

Una vez finalizado el juego, se realizó una breve explicación teórica sobre cuáles son los principales aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de leer y analizar de forma crítica una noticia de carácter científico en la prensa. Tras la explicación, los alumnos se agruparon por parejas y se repartieron fotocopias del texto completo de algunas de las noticias verdaderas que se comentaron durante el juego, entre las cuales se dejó elegir libremente a cada pareja aquella que hubiera despertado más su interés, con el objetivo de realizar la lectura y análisis del contenido de las mismas. Para ello, se les plantearon las siguientes preguntas a responder:

1. *Realiza un breve resumen de las ideas clave recogidas en la noticia*
2. *¿Qué técnicas relacionadas con la ingeniería genética menciona la noticia? Busca información y explica brevemente en qué consisten.*
3. *¿Cuáles son las fuentes de información en las que se basa el texto del artículo? ¿Consideras que son fiables?*
4. *¿El titular de la noticia refleja el contenido del texto? ¿Es objetivo o sensacionalista?*
5. *¿El tema tratado en la noticia presenta controversias éticas? Sí es así, ¿Se exponen argumentos a favor y en contra? ¿Cuáles?*

Para llevar a cabo este análisis, se utilizó la metodología Think Pair Share (Kaddoura, 2013). Para ello, tras la lectura individual de la noticia, en cada una de las preguntas se dejó un tiempo breve para pensar y contestar individualmente (Think), tras lo cual los alumnos comentaron sus respuestas con su pareja (Pair). Finalmente, en cada pregunta una de las parejas compartió su respuesta con el resto de la clase (Share). El objetivo inicial era recoger las producciones de los alumnos al final de la sesión. Sin embargo, el tiempo disponible y el momento final del curso en el que nos encontrábamos no permitió finalizar la actividad, ya que no hubo tiempo para responder y poner en común todas las cuestiones planteadas. En la Tabla 7 se resume la temporalización y recursos utilizados para las actividades realizadas durante esta sesión.

Además de realizar esta actividad en 2º de Bachillerato, la parte de gamificación correspondiente a la sesión 1 se repitió de manera simplificada en el curso 4º de la ESO, durante la última sesión correspondiente a la unidad didáctica “La herencia genética”.

Tabla 7. Resumen de la temporalización y recursos utilizados en las actividades realizadas durante las sesiones 4 y 5.

Sesión 4		
Actividad	Temporalización	Recursos
Gamificación, ¿realidad o ficción?	40 minutos	- Presentación PowerPoint y proyector - Titulares de noticias de prensa digital
Análisis crítico de noticias de prensa- Introducción	10 minutos	- Presentación PowerPoint y proyector - Fotocopias del texto completo de noticias de prensa digital
Sesión 5		
Actividad	Temporalización	Recursos
Análisis crítico de noticias de prensa- Think Pair Share	50 minutos	Fotocopias del texto completo de noticias de prensa digital

#### 4.4. Evaluación y calificación

Pese a que los contenidos de esta unidad didáctica son objeto del examen de selectividad, los alumnos del grupo de 2º de Bachillerato en el que se aplicó esta propuesta finalizaron los exámenes ordinarios del curso durante la semana en la que se comenzó a impartir la unidad didáctica, por lo que la evaluación de estos conocimientos no pudo incluirse en las calificaciones ordinarias de la asignatura. A continuación, se detallan los instrumentos utilizados para evaluar el aprendizaje de los alumnos durante la puesta en práctica de la propuesta, así como los instrumentos y criterios de calificación que se proponen de manera teórica para la evaluación y calificación de la unidad didáctica completa.

Por un lado, con el objetivo de evaluar los resultados de aprendizaje del alumnado, se realizó una encuesta de evaluación final similar a la inicial vía Google Forms al finalizar la unidad didáctica. En ella, se repitieron algunas de las preguntas de la primera encuesta con el objetivo de evaluar si los alumnos eran ahora capaces de responder a aquellos conceptos que no conocían al principio o a aquellas preguntas en las que se habían detectado más fallos. La comparación de los resultados de la encuesta inicial y final se han utilizado como instrumento para evaluar los resultados de aprendizaje de los alumnos respecto a los contenidos de la unidad didáctica y se presentan como evidencias de mejora en relación a las ideas erróneas detectadas en la encuesta inicial.

Por otro lado, para evaluar las distintas actividades participativas realizadas durante las clases (resolución de diagnósticos de PCR, lluvia de ideas, resolución de ejercicios de selectividad y Think Pair Share) se llevó a cabo un registro de observaciones con la ayuda de la observación directa de mi compañera de especialidad durante las distintas sesiones, en el cual se registró la participación de los alumnos ante las preguntas realizadas por el docente y las respuestas y argumentaciones emitidas durante sus intervenciones.

Respecto a la actividad de análisis de noticias de prensa, aunque no fue posible recoger las producciones de los alumnos, además del registro de observación de sus intervenciones durante la puesta en común, se propone la evaluación de las producciones de los alumnos mediante una rúbrica (Anexo II).

Finalmente, aunque esta unidad no formó parte de la calificación final de los alumnos durante las prácticas realizadas, en el Anexo III se recoge una propuesta de prueba escrita para la evaluación de los contenidos teóricos y en la Tabla 8 se detalla una propuesta de los criterios de calificación para la evaluación completa de esta unidad didáctica.

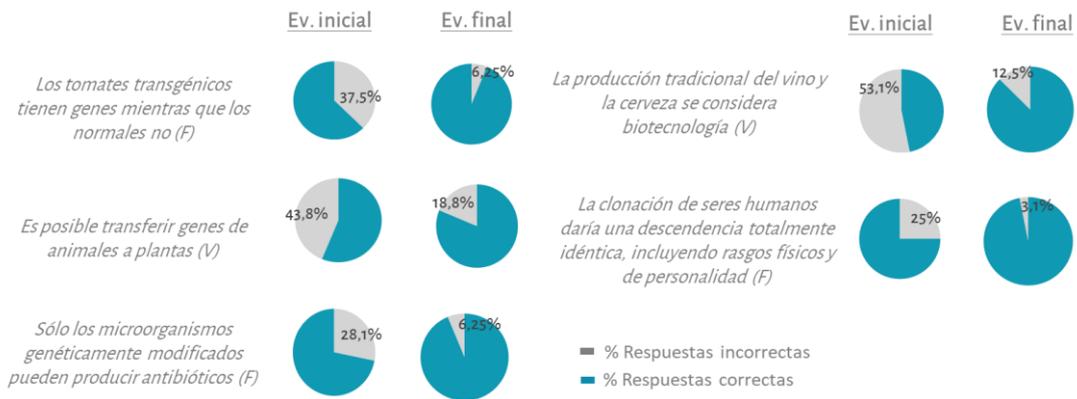
*Tabla 8. Procedimientos e instrumentos de evaluación propuestos para la calificación de las actividades evaluables de esta propuesta didáctica.*

Actividad evaluable	Criterio evaluación	Procedimiento de evaluación	Instrumento de evaluación	% calificación
Contenidos teóricos	Crit.BI.3.8. Crit.BI.3.9. Crit.BI.4.6.	Pruebas específicas*	Prueba objetiva (Resolución de ejercicios, respuestas cortas)	50%
Análisis de noticias de prensa	Crit.BI.3.8. Crit.BI.4.6.	Observación sistémica	Registro de participación, respuestas y argumentaciones emitidas	10%
		Revisión de las tareas de los alumnos*	Análisis de las producciones (Informe respondiendo a las preguntas planteadas)	25%
Ejercicios participativos (casos PCR, lluvia de ideas, ejercicios de selectividad)	Crit.BI.3.8. Crit.BI.3.9. Crit.BI.4.6.	Observación sistémica	Registro de participación, actitud y respuestas emitidas	15%

*\*Evaluaciones propuestas, pero no realizadas durante el Practicum.*

## 5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Por un lado, los resultados de aprendizaje derivados de la comparación entre las respuestas de la encuesta de evaluación inicial y final revelan la corrección de algunas de las concepciones alternativas detectadas inicialmente, ya que hay un aumento en el número de aciertos tras la realización de la actividad (Figura 3).



**Figura 3. Comparación de las respuestas a la encuesta inicial y final.** Los gráficos muestran el porcentaje de respuestas correctas e incorrectas ante preguntas de tipo verdadero/falso relacionadas con concepciones alternativas extraídas de la bibliografía (Ruíz, López-Banet y Ayuso, 2021 y De la Vega, Lorca y de Las Heras, 2018). Número total de alumnos = 32.

Por otro lado, ante el bajo porcentaje de alumnos que afirmaba conocer y saber explicar el concepto de biotecnología (18,8%) así como nombrar ejemplos de aplicaciones biotecnológicas (37,5%) en la encuesta inicial (Figura 1), en la encuesta final se pidió a los alumnos definir biotecnología y nombrar ejemplos de aplicaciones biotecnológicas con el objetivo de evaluar el grado de conocimiento adquirido una vez finalizada la unidad didáctica. A diferencia de la evaluación inicial, los resultados de esta encuesta revelan que la mayoría de los alumnos son capaces de definir el concepto de biotecnología, si bien algunos de ellos asocian solamente la biotecnología a la modificación genética de seres vivos, lo cual es un concepto erróneo que continúa persistiendo, al no tener en cuenta otras aplicaciones de la biotecnología que no implican modificación genética. Otros de los conceptos erróneos detectados en las respuestas de los alumnos son el de asociar la biotecnología al estudio de los seres vivos en lugar de asociarla a su utilización para diversos fines. En la Tabla 9 se recoge un resumen de las respuestas de los alumnos obtenidas ante esta pregunta.

Además, en esta encuesta los alumnos fueron capaces de nombrar aplicaciones biotecnológicas asociadas a distintos ámbitos además del sanitario, como la industria o el medioambiente, lo cual desconocían al inicio de la unidad didáctica. En general todos ellos nombraron de forma correcta algunas de las aplicaciones biotecnológicas tratadas durante la unidad didáctica, aunque se detectaron algunos conceptos erróneos como la respuesta “vacunas como insulina”. En la Tabla 10 se recogen ejemplos de las respuestas obtenidas.

Tabla 9. Recopilación de respuestas de los alumnos en la encuesta de evaluación final.

<b>¿Qué es la biotecnología?</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnología para modificar la genética de los seres vivos</li> <li>- Es el uso de la tecnología para la modificación de seres vivos</li> <li>- Es el uso de la tecnología en organismos vivos para conseguir beneficios de diversos tipos.</li> <li>- Todos aquellos procesos tecnológicos que utilizan los organismos vivos, sus capacidades metabólicas o sus derivados para generar productos de interés para el hombre o solucionar problemas medioambientales.</li> <li>- La modificación de productos mediante la aplicación de la tecnología en los seres vivos</li> <li>- Consiste en aplicar diferentes tecnologías al estudio de los seres vivos</li> <li>- Aplicación de la tecnología y la ciencia a los seres vivos y las actividades relacionadas con ellas.</li> </ul>

Tabla 10. Recopilación de respuestas de los alumnos a la encuesta de evaluación final.

<b>Escribe alguna aplicación biotecnológica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terapia génica</li> <li>- Medicina, industria, medioambiente, agricultura</li> <li>- Fabricar insulina, aumentar la vitamina A en el arroz, clonar organismos</li> <li>- Fabricación de alimentos, como bebidas alcohólicas, pan o productos lácteos.</li> <li>- Animales y plantas transgénicos</li> <li>- Fabricación de vacunas</li> <li>- Clonación</li> <li>- Producción de insulina</li> <li>- Fermentación</li> <li>- Vacunas como insulina</li> <li>- Curar enfermedades génicas, para aportar nutrientes extras a la comida...</li> </ul>

Aunque no pudieron evaluarse las producciones de los alumnos durante la actividad del análisis de noticias de prensa, en el registro de observación de sus intervenciones y de la puesta en común durante el desarrollo de la actividad, se observó, por un lado, un alto grado de participación, con una elevada cantidad de preguntas realizadas por los alumnos. Estas preguntas, estaban principalmente relacionadas con dudas y curiosidades que les despertaban los temas de las noticias tratadas, lo cual indica que el grado de interés fue elevado. Por otro lado, en el registro de las intervenciones de los alumnos durante el análisis de las noticias se recogieron los siguientes aspectos:

- Son capaces de identificar y valorar con adecuación las fuentes de información en las que se basa el texto

- Identifican titulares o fragmentos de ellos cuyo objetivo es captar la atención como “Ya hay fecha de nacimiento para el mamut clonado” o “El tinder genético”.
- Identifican las CSC asociadas a las noticias, pero tienen problemas para expresar y argumentar de manera coherente todos los puntos de vista, lo cual evidencia la necesidad de implementar debates y metodologías de argumentación en el aula.

En base a estos resultados, se puede concluir que se han observado mejoras en el aprendizaje de los alumnos en cuanto a la resolución de algunas de las concepciones alternativas detectadas inicialmente, así como en cuanto a la adquisición de los conocimientos planteados inicialmente en los objetivos didácticos de la propuesta. Sin embargo, sería necesaria la puesta en práctica del modelo de evaluación completo planteado en la Tabla 8 para realizar un análisis más detallado de los resultados de aprendizaje derivados de la implantación de esta propuesta didáctica. Además, algunos de los objetivos planteados inicialmente, como la adquisición del pensamiento crítico, resultan difíciles de evaluar y cuantificar con los recursos y el tiempo disponibles.

## 6. ANÁLISIS CRÍTICO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y PROPUESTA DE MEJORA

Los resultados de la aplicación de la propuesta se evaluaron a través de una encuesta final respondida por los alumnos en la cual se preguntó acerca del interés que tuvo para ellos la actividad de las noticias de prensa y de mi actividad docente durante la unidad didáctica. Además, las observaciones de mi compañera durante las clases sirvieron de ayuda para evaluar tanto mi actividad docente como la participación de los alumnos ante las preguntas realizadas por mí y las preguntas realizadas por ellos, como medida del grado de interés durante el desarrollo de las actividades.

En general, los resultados obtenidos en esta encuesta son satisfactorios. Por un lado, el interés de la actividad a la que se dedicó más tiempo basada en el uso de noticias de prensa, resultó elevado, ya que ante la pregunta “Del 1 al 5, ¿Te ha parecido interesante la actividad realizada a partir de noticias de prensa?” el 87,5% de las respuestas corresponden a un 5 y el 12,5% de las respuestas a un 4. Los mismos porcentajes se repiten ante la pregunta “¿Crees que el aprendizaje a partir de ejemplos reales, como los de las noticias, aumenta tu motivación por el tema?”. Estos resultados indican que estas actividades son capaces de promover un aumento de la motivación y del interés por el tema, lo cual constituye uno de los objetivos principales de la propuesta y del enfoque educativo CTSA y la educación contextualizada de las ciencias.

Además, los alumnos tuvieron la posibilidad de escribir libremente comentarios o propuestas de mejora. En general, la mayoría escribieron que el tema había sido muy interesante y que les había gustado la explicación y sobretodo la actividad de las noticias, especialmente, la parte del juego y la explicación del argumento de Parque Jurásico. Uno de los alumnos escribió que le habría gustado aprender más sobre procesos aplicados a la industria alimentaria, lo cual es un comentario a tener en cuenta, ya que dedicamos más tiempo a ejemplos aplicados al sector sanitario.

Como se ha indicado anteriormente, la actividad de gamificación incluida en la actividad de análisis de noticias de prensa se repitió en el curso de 4º de la ESO, donde también se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a la valoración del interés de la actividad, además de un alto grado de participación, poniendo de manifiesto que los resultados de la propuesta son transferibles más allá del contexto del curso en el que se ha implantado. Además, el uso y análisis de noticias de prensa como estrategia didáctica para fomentar el aprendizaje contextualizado y el pensamiento crítico es transferible a otras asignaturas, tanto en ciencias como en otras áreas.

El principal condicionante de la propuesta ha sido el tiempo disponible para llevarla a cabo, ya que habrían sido necesarias más sesiones de clase para poder desarrollar y evaluar correctamente todos los objetivos planteados de manera inicial. Por ejemplo, habría sido necesaria otra sesión de clase dedicada a la parte del análisis de las noticias de prensa y puesta en común para maximizar el aprovechamiento de la actividad. Además, puesto que en el momento en el que se impartió esta unidad didáctica los alumnos se

encontraban en las últimas semanas de curso, no era posible realizar actividades que implicaran trabajo extra fuera de las horas de clase, ya que se encontraban realizando los exámenes finales.

Una de las propuestas de mejora en referencia a la primera parte de la actividad consiste en la utilización de la aplicación interactiva Kahoot en el juego, lo cual introduciría un componente más lúdico y de competición, que añade una motivación extra para los alumnos. Otras propuestas de mejora están asociadas a la imposibilidad de realizar trabajos grupales en el aula debido a las restricciones sanitarias actuales, lo cual habría permitido la realización de debates argumentativos en pequeños grupos. Además, en referencia al análisis crítico de noticias de prensa habría sido interesante añadir la búsqueda, análisis y comparación de la misma noticia en distintos medios de comunicación.

Finalmente, se describe una actividad evaluable como propuesta de mejora como continuación de la actividad de lluvia de ideas (sesión 2), la cual no pudo llevarse a cabo debido a los condicionantes de tiempo descritos anteriormente. La actividad propuesta se titula “La carrera por la vacuna” y consiste en una actividad cooperativa en la que los alumnos deben agruparse en grupos de trabajo de 4-5 personas (Tabla 11). Cada grupo es una empresa farmacéutica ficticia a la que deben ponerle un nombre, proponer y desarrollar de manera teórica una vacuna contra la Covid-19 a partir de una de las propuestas extraídas de la lluvia de ideas, buscando información sobre los métodos y técnicas necesarias para su desarrollo y los pasos que deberían seguir para ello. Finalmente, deben recoger su propuesta de forma esquemática en un póster digital y cada grupo debe realizar una breve presentación ante sus compañeros. Para ello, sería necesario dedicar una sesión de clase a la búsqueda de información y preparación del trabajo y otra sesión para las presentaciones al final de la unidad didáctica. Los propios alumnos serían quienes realizasen la coevaluación y autoevaluación de sus propuestas respondiendo a un cuestionario de evaluación proporcionado por el docente.

Tabla 11. Resumen de la propuesta de actividad evaluable “La carrera de la vacuna”

Temporalización	Evaluación	
<b>Sesión 1. Introducción</b> - Lluvia de ideas y formación de grupos de trabajo (20 minutos)	<b>Instrumento</b>	<b>% Calificación</b>
<b>Sesión 2. Búsqueda de información</b> - Trabajo grupal (50 minutos)	Evaluación de las producciones y presentaciones de los alumnos- Rúbrica	50%
<b>Sesión 3. Presentaciones grupales</b> (50 minutos)	Coevaluación- Cuestionario	50%
<b>Competencias Clave</b>	CMCT, CAA, CSC, CIEE	

## 7. CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo del máster he adquirido una serie de conocimientos relacionados con el ámbito docente que me han resultado de utilidad durante la puesta en práctica de la unidad didáctica desarrollada durante el Practicum, como distintas metodologías e innovaciones docentes, distintos instrumentos de evaluación o la legislación educativa. En primer lugar, me gustaría destacar que considero de gran importancia la necesidad de este tipo de formación específica para desarrollar una función docente en Educación Secundaria y Bachillerato. Desde mi punto de vista, considero que este Máster ha conseguido cubrir esta necesidad de forma general, ya que me ha proporcionado una gran cantidad de herramientas y recursos docentes hasta entonces desconocidos para mí que en su conjunto contribuyen a que me sienta más preparada para afrontar un futuro trabajo docente.

La realización de las prácticas ha sido para mí la experiencia más enriquecedora del Máster, ya que me ha permitido entrar en contacto directo con las aulas, así como con las distintas tareas y dificultades presentes en el día a día de la labor docente. Durante las prácticas, he podido estar en contacto con los alumnos de distintos cursos de Secundaria y Bachillerato, lo cual me ha permitido observar la necesidad de adaptación continua a los distintos contextos y circunstancias presentes en las diferentes aulas y niveles educativos. En mi caso, me he encontrado con una clase de 2º de Bachillerato en las últimas semanas del curso, lo cual ha supuesto una dificultad a la hora de enfocar la unidad didáctica, ya que debía centrarme en los contenidos curriculares asociados a la prueba de selectividad y no disponía de tiempo suficiente para la evaluación o el desarrollo de actividades diversas o innovadoras. Como consecuencia, ha habido que adaptarse a las circunstancias y reducir y rediseñar las actividades que tenía pensadas inicialmente. Este hecho me ha permitido ser consciente de las dificultades y limitaciones a las que debe hacer frente el profesor en cuanto al tiempo, número de alumnos, contenidos curriculares o a las restricciones sanitarias de este curso académico, así como la importancia de la previsión, capacidad de cambio y adaptación.

La realización de las prácticas junto con las asignaturas teóricas del Máster me ha proporcionado una formación docente con la que me siento satisfecha a nivel global. Sin embargo, considero que el planteamiento didáctico del Máster presenta también ciertas carencias, ya que desde mi punto de vista algunos de los contenidos han sido excesivamente teóricos y durante la realización de las prácticas me he dado cuenta de que muchos de estos contenidos y situaciones tratados desde el punto de vista exclusivamente teórico no reflejan la realidad de las aulas.

En este sentido, por un lado, considero que resultaría positiva la reducción de contenidos y carga de trabajos teóricos y el aumento de la duración del periodo de prácticas, ya que en mi opinión constituye la experiencia más formativa. Pese a que durante las asignaturas del Máster se ha insistido en la importancia de la utilización de diversas metodologías docentes, la innovación educativa y las diferentes formas de evaluación, en mi caso me he encontrado con un aula en la que se sigue una metodología

docente tradicional basada en la clase magistral y una evaluación basada en el examen escrito, lo cual me ha permitido darme cuenta de las limitaciones que existen en la realidad de las aulas a la hora de implantar metodologías diversas e innovaciones docentes como consecuencia del tiempo disponible o el elevado número de alumnos en las aulas, que impide una atención personalizada a las necesidades individuales, además de la necesidad de coordinación con otros docentes a la hora de poner en práctica actividades que requieran grupos reducidos como prácticas de laboratorio.

Por otro lado, considero que sería necesaria la recreación de posibles situaciones reales en las aulas durante las asignaturas del Máster, que nos proporcionen recursos para enfrentarnos a las situaciones que se viven de manera diaria en los centros, como por ejemplo la baja participación o las situaciones de disrupción o conflictos en el aula. Desde mi punto de vista, estos aspectos pedagógicos son aquellos en los que menos formación poseo y en los que más dificultad encontraría a la hora de comenzar una labor docente. En este sentido, la asignatura optativa de Prevención y Resolución de Conflictos me proporcionó una visión global de las vías de resolución de conflictos en los centros y los aspectos psicológicos asociados desde el punto de vista teórico. Sin embargo, no se proporcionaron recursos y herramientas de actuación concretas ante las situaciones o pequeños conflictos que se viven de manera diaria en las aulas en ninguna de las asignaturas.

Como conclusión y en base a estas reflexiones, pese a que algunos contenidos me han parecido excesivos o lejanos a la realidad, la mayoría de ellos me han resultado interesantes y útiles para aplicarlos en mi futura labor como profesor de Secundaria y Bachillerato y considero que la realización de este Máster es necesaria. A pesar de las dificultades y limitaciones, he disfrutado mucho durante la realización de las prácticas, a lo largo de las cuales he podido extraer una gran cantidad de aprendizajes tanto de mi tutor como de los propios alumnos, y estoy deseando repetir la experiencia con el objetivo de continuar ese aprendizaje y mejorar como docente.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De la Vega, M., Lorca, A.A. y De las Heras M.A. (2018). *Conocimientos y actitudes hacia la biotecnología en alumnos de último curso de Educación Secundaria Obligatoria*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 15 (5), 3301
- De Longhi, A.L., Ferreyra, A., Peme, C., Bermudez, G.M.A., Quse, L. et al. (2012). *La interacción comunicativa en clases de ciencias naturales. Un análisis didáctico a través de circuitos discursivos*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 9 (2), 178-195
- Díaz, N. (2019). *Caracterizando controversias sociocientíficas en la prensa escrita. Una herramienta para el desarrollo de la alfabetización científica*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 16(1), 1102.
- Díaz, N. y Jiménez-Liso, M.R. (2012). *Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 9(1), 54-70.
- Enrique, C., Cabo, J.M. y Cortiñas, J.R. (2007). *La presencia de la biotecnología dentro y fuera de la escuela. Primeros resultados de un estudio diagnóstico*. PUBLICACIONES, 37, 89-108. Editorial Universidad de Granada.
- Fernandes, I., Pires, D. y Villamañán, R. (2014). *Educación Científica con enfoque Ciencia-Tecnología- Sociedad-Ambiente. Construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares*. Formación Universitaria, 7(5), 23-32.
- Guerrero-Márquez, I. y García-Carmona, A. (2020). *La energía y su impacto socioambiental en la prensa digital: temáticas y potencialidades didácticas para una educación CTS*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 17(3), 3301.
- Hevia, I. y Linares, C. (2012). *Las noticias de prensa como innovación didáctica ligada al currículum de ciencias*. Congreso Iberoamericano de las Lenguas en la Educación y en la Cultura / IV Congreso Leer.es
- Al-Samarraie, H. y Hurmuzan, S. (2018). *A review of brainstorming techniques in higher education*. Thinking Skills and Creativity, 27, 78-91
- Jiménez-Liso, M.R., Hernández-Villalobos, L. y Lapetina J. (2010). *Dificultades y propuestas para utilizar las noticias científicas de la prensa en el aula de ciencias*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 7(1), 107-126
- Kaddoura, M. (2013). *Think pair share: A teaching learning strategy to enhance students' critical thinking*. Educational Research Quarterly, 36(4), 3-24.
- Kapp, K. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*.

- Marchán-Carvajal, I. y Sanmartín, N. (2015). *Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica*. Educación química, 26, 267-274.
- Oliveras, B., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2013). *The use of newspaper articles as a tool to develop critical thinking in science classes*. International Journal of Science Education, 35(6), 885-905.
- Ruiz, C., Banet, E. y López-Banet, L. (2017). *Conocimientos de estudiantes que inician el Bachillerato sobre nociones básicas de Genética y aplicaciones de la Biotecnología*. Enseñanza de Las Ciencias, n.º Extra, 1421-8. Extraído de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/335301>
- Ruiz, C., López-Banet, L. y Ayuso, E. (2021). *Conocimientos y valoraciones de estudiantes de bachillerato sobre la utilización de aplicaciones biotecnológicas*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 18(1), 1102.
- Young, D. B., Tamir, P. (1977). *Finding Out What Students Know*. Science Teacher, 44 (6), 27-28.

## **ANEXO I. Recursos utilizados**

### Presentación de Power Point utilizada durante las clases teóricas

Enlace de acceso a Google Drive:

[https://drive.google.com/drive/folders/1Tbx9dT\\_eBHvYtkxRB7BUriNpC\\_pQXpnN?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1Tbx9dT_eBHvYtkxRB7BUriNpC_pQXpnN?usp=sharing)

### Titulares del juego “¿Realidad o ficción?”:

1. Científicos chinos trabajan en la creación del primer dinosaurio clonado (F)
2. Ya hay fecha de nacimiento para el mamut clonado (V)
3. La edición genética cura a 10 niños burbuja (V)
4. China asegura haber creado los primeros bebés de diseño con ojos azules (F)
5. El “tinder genético”: una app de citas para evitar enfermedades hereditarias (V)
6. Una vaca modificada genéticamente produce batido de chocolate (F)
7. Científicos avanzan en desarrollo de una vacuna comestible contra la COVID-19 en tomates transgénicos (V)
8. Científicos crean árboles bioluminiscentes para iluminar las calles (V)

### Noticias de prensa digital escogidas para su lectura y análisis:

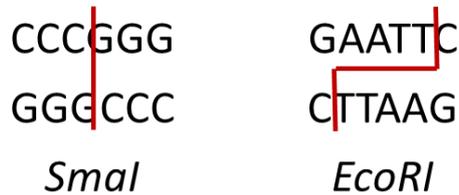
- Ya hay fecha de nacimiento para el mamut clonado. Muy Interesante, 30 de mayo de 2018
- La ciencia está cerca de resucitar al mamut lanudo. La Vanguardia, 17 de febrero de 2017
- La edición genética cura a diez "niños burbuja". Cadena Ser, 21 de abril de 2019
- China asegura haber creado los primeros bebés de diseño, sin riesgo de VIH. El Español, 26 de noviembre de 2018
- El 'Tinder genético': una app de citas para evitar enfermedades hereditarias. 20 minutos, 17 de noviembre de 2019
- Una vaca modificada genéticamente produce leche hipoalérgica. El País, 2 de octubre de 2012.

## ANEXO II. Rúbrica propuesta para la evaluación de las producciones del análisis de noticias de prensa

<b>Puntuación total = 5p</b>			
<b>Resumen de la noticia</b>	No realiza el resumen (0p)	El resumen no contiene todos los conceptos importantes abordados en la noticia (0,25p)	El resumen contiene todos los conceptos importantes de la noticia abordada y se expresan con coherencia, cohesión y adecuación (0,5p)
<b>Identificación de las técnicas de ingeniería genética</b>	No se identifican correctamente las técnicas mencionadas en la noticia (0p)	Se identifican las técnicas mencionadas pero no se describen (0,5p)	Se identifican las técnicas mencionadas y se describen correctamente (1p)
<b>Fuentes de información de la noticia</b>	No se identifican adecuadamente las fuentes de información en la noticia (0p)	Se identifican las fuentes de información de la noticia pero no se valora su fiabilidad (0,5p)	Se identifican las fuentes de información de la noticia y se valora adecuadamente su fiabilidad (1 p)
<b>Titular de la noticia</b>	No valora el carácter sensacionalista ni relaciona el titular con el contenido del texto (0p)	Valora el carácter sensacionalista pero no relaciona el titular con el contenido del texto (0,5p)	Relaciona el titular de la noticia con el contenido del texto y valora adecuadamente el carácter sensacionalista o no del mismo (1p)
<b>Controversias éticas</b>	No identifica las controversias éticas presentes en la noticia (0p)	Identifica las controversias éticas presentes en la noticia pero no expresa los argumentos a favor y en contra de ellas (0,5p)	Identifica las controversias éticas presentes en la noticia y expresa adecuadamente los principales argumentos a favor y en contra de ellas (1,5p)

### ANEXO III. Prueba escrita propuesta para la evaluación de los contenidos teóricos de la unidad didáctica “Ingeniería genética y Biotecnología” de 2º de Bachillerato.

1.- En la siguiente figura se representan los sitios de corte de dos enzimas de restricción:



- a. Define enzima de restricción (0,5p).
  - b. Señala el tipo de corte que realiza cada una de ellas (0,5p).
  - c. ¿Cuál de ellos tiene más utilidad en la generación de ADN recombinante? ¿Por qué? (1p)
- 2.- Señala si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. En caso de ser falsas, justifica tu respuesta (2,5p):

- La fermentación de la cerveza o el vino en la industria alimentaria no son procesos biotecnológicos
- La tecnología del ADN recombinante permite transferir genes de unos organismos a otros
- Todos los organismos genéticamente modificados (OGM) son organismos transgénicos
- En determinadas circunstancias las células musculares llevan a cabo la fermentación alcohólica
- El proceso de retrotranscripción consiste en la obtención de una molécula de ADN a partir de una molécula de ARN
- Algunos virus modificados se utilizan como vectores en la obtención de ADN recombinante
- La técnica de la PCR permite obtener múltiples copias de un fragmento de ADN en un solo ciclo de reacción
- La insulina humana obtenida en bacterias recombinantes no es igual a la proteína humana

3.- Para hacer yogur casero debemos mezclar un poco de yogur con leche y mantener la mezcla a 35-40 °C durante 8 horas.

- a. ¿Qué proceso tiene lugar durante este tiempo? ¿Qué organismos lo realizan? (0,5p)
- b. Escribe esquemáticamente los productos iniciales y finales de la reacción que tiene lugar (0,5p)

c. ¿Qué pasaría si la leche utilizada está esterilizada? ¿Y si se esteriliza el yogur antes de añadirlo a la leche? (0,5p)

4.- Explica una contribución de la biotecnología a la conservación del medio ambiente (1p).

5.- Una nueva bacteria patógena se ha extendido en la población. Un grupo de científicos ha conseguido aislarla, purificar su ADN y obtener su secuencia. Indica qué pasos deberías seguir para diseñar una prueba de PCR que sirva para diagnosticar la enfermedad y qué materiales necesitarás (2,5p).