

# La biotecnología en el contexto social y educativo

Trabajo Fin de Máster

**Autor: Rocío Casillas Millán**

**Tutor: Dr. Francisco Javier Arias Vallejo**

Valladolid, 2017

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

Módulo específico de Biología y Geología



---

**Universidad de Valladolid**





D. Francisco Javier Arias Vallejo, Profesor Titular de Bioquímica y Biología Molecular de la Facultad de Ciencias de Valladolid

### CERTIFICA

Que el presente trabajo titulado “La biotecnología en el contexto social y educativo” redactado por Dña. Rocío Casillas ha sido realizado bajo mi tutoría y puede ser presentado como Trabajo de Fin de Máster del Máster en profesor de educación secundaria y bachillerato, formación profesional y enseñanzas de idiomas.

Y para que así conste expido el presente certificado.

En Valladolid a 30 de junio de 2017

Fdo. Dr. F. Javier Arias Vallejo



## Índice de contenidos

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>1.1. La biotecnología y su desarrollo</b> .....	3
<b>1.2. La biotecnología en el debate social y su papel en la educación</b> .....	4
<b>2. OBJETIVOS DEL TRABAJO</b> .....	7
<b>3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO</b> .....	9
<b>4. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> .....	13
<b>4.1. Encuesta inicial al alumnado</b> .....	14
<b>4.1.1. Objetivos de la encuesta</b> .....	14
<b>4.1.2. Contenido de la encuesta</b> .....	14
<b>4.1.3. Análisis de resultados</b> .....	15
<b>4.1.4. Conclusiones de la encuesta</b> .....	19
<b>4.2. Propuesta didáctica</b> .....	23
<b>4.2.1. Introducción y descripción de la unidad</b> .....	23
<b>4.2.2. Enfoque y objetivos</b> .....	24
<b>4.2.3. Contenidos</b> .....	25
<b>4.2.4. Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias</b> .....	26
<b>4.2.5. Metodología</b> .....	28
<b>4.2.6. recursos didácticos</b> .....	30
<b>4.2.7. Actividades</b> .....	33
<b>4.2.8. Evaluación</b> .....	38
<b>4.2.9. Atención a la diversidad</b> .....	43
<b>4.2.10. Temporalización</b> .....	44
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	45
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	47
<b>a. Referencias</b> .....	47
<b>b. Webgrafía</b> .....	48
<b>c. Recursos didácticos</b> .....	49
<b>d. Legislación</b> .....	51
<b>ANEXO</b> .....	53



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. La biotecnología y su desarrollo

La biotecnología puede entenderse como un conjunto de técnicas que permiten la aplicación de las propiedades de los seres vivos para obtener bienes y servicios (Muñoz, 2001).

Bien es cierto que esta definición de biotecnología es muy amplia, e incluye procesos que el hombre ha venido realizando desde los albores de la civilización como la fermentación de alimentos y bebidas utilizando microorganismos.

Estos procesos biotecnológicos que han sido desarrollados en base a métodos de ensayo error son los que se conocen como *biotecnología tradicional*, y culminan a lo largo del siglo XIX con el desarrollo de la microbiología y de las ciencias agrícolas.

Diferenciada de la biotecnología tradicional surge en el siglo XX una *biotecnología moderna*, que lejos de suponer una ruptura con la anterior, evoluciona sobre las bases del enorme progreso de la biología y la genética molecular, dando lugar a un importante caudal adicional de aplicaciones y desarrollo científico (Muñoz, 2001).

Las aplicaciones actuales de la biotecnología moderna van, desde las enmarcadas en el ámbito puramente industrial conocidas como *biotecnología blanca*, a las relacionadas con la rama biomédica (*biotecnología roja*), pasando por las del ámbito agroganadero, ambiental y relativas a mares y océanos (*biotecnología verde, gris y azul* respectivamente).

El perfeccionamiento de estas aplicaciones, junto con el desarrollo de la genómica, hacen que se conviertan en el sustento de gran parte de la actividad empresarial de nuestros días que a su vez, tiende a combinar esfuerzos con la I+D+i para generar productos y servicios en todos los sectores económicos.

## 1.2. La biotecnología en el debate social y su papel en la educación

Podría decirse que las aplicaciones de la biotecnología, hoy en día originan una mezcla tanto de confianza como de rechazo.

Bien es cierto que la biotecnología, desde la percepción actual centrada en sus aplicaciones más modernas y, concretamente a los avances obtenidos a partir de la posibilidad de modificar genéticamente un organismo, es un fenómeno revolucionario que tiene gran incidencia política, económica y social (Nevado 2001).

Son varios los autores que reconocen la existencia de una gran diversidad de opiniones en la sociedad con respecto a las posibles aplicaciones de la biotecnología.

Según Nevado, existen tanto detractores como defensores de las aplicaciones biotecnológicas. Por otro lado, Muñoz defiende (al hilo de lo anteriormente mencionado) que se da un movimiento crítico *antibiotecnología* en el que subyacen ciertas sospechas que podrían resumirse en “la desconfianza respecto a la ética de las grandes industrias y del altruismo de los valores científicos que pueden verse sujetos al beneficio del provecho económico, así como a la complicidad de las agencias gubernamentales a las que pueden considerarse cómplices o excesivamente ligadas a la industria.” Muñoz también afirma que, “la aplicación biotecnológica en el campo agroalimentario y la liberación en el medio de organismos modificados genéticamente ha aumentado el valor de la invocación de las incertidumbres en el riesgo ambiental inherentes a este tipo de aplicaciones y experimentos.”

En palabras de Taguenca (2008), “las nuevas biotecnologías representan una gran esperanza para el ser humano. Sin embargo, la gente tiene una percepción respecto a ellas ambivalente, donde el bien y el mal que suponen están juntos”. El autor explica en su artículo *La opinión de los españoles ante las nuevas biotecnologías*, que a pesar de las aceptadas y prometedoras aplicaciones de esta nueva ciencia, hay temores y oposiciones basadas en el hecho de que se trata de la primera vez en la historia del ser humano en la que éste se enfrenta a la posibilidad de crear una nueva vida a partir de la recombinación de la ya existente y a la profunda reflexión moral que le supone fundamentada en que “el hombre pueda ser tratado más como un medio que como un fin.”

Frente a este panorama, en palabras del autor Jeremy Rifkin, que defiende que la revolución biotecnológica nos afecta a todos, se podría considerar que “ha llegado el momento de un debate mucho más amplio sobre los beneficios y los riesgos de la nueva ciencia, que va mucho más allá de las autoridades y “expertos” profesionales de ambos lados que abarque a la sociedad entera”.

El debate social que cita Rifkin (1999) se mantiene hasta nuestros días, y este hecho se ve reflejado en las constantes noticias que aparecen en los medios de comunicación<sup>1</sup> y se debaten en diferentes foros de opinión en relación a los avances generados en las distintas ramas de aplicación de la biotecnología, y que abarcan temas que van desde la terapia génica a la clonación, la ingeniería genética el uso de células madre o el consumo de productos transgénicos.

Entre las conclusiones a las que llega Nevado en su intervención sobre *Aspectos bioéticos de los alimentos transgénicos*, en las sesiones de discusión celebradas en el seno de la ABD<sup>2</sup> de la Universidad de Barcelona, ante la anteriormente mencionada diversidad de posturas en la opinión pública, y de acuerdo con la opinión manifestada por Rifkin, es que “debemos fomentar el debate social informado”, y esta conclusión, aunque el autor la enfoca concretamente al tema de los transgénicos, bien podría extrapolarse a la propia concepción de las aplicaciones de la biotecnología. Como también defiende Muñoz en su artículo, este profundo debate social debiera descansar en la “necesidad de entender y reconocer la complejidad de la biotecnología”.

A la luz de lo anteriormente mencionado, podemos concluir que la biotecnología moderna es una ciencia relativamente reciente, y tanto su desarrollo y análisis como el de sus aplicaciones en diferentes campos de la actividad humana ha supuesto un impacto económico, social y ético.

Este impacto ha suscitado (y continúa generando) una cierta ambivalencia en la opinión pública lo que a su vez desemboca en un debate social que los expertos recomiendan que se caracterice principalmente por estar “informado”.

Como bien ponen de manifiesto los autores del artículo *La presencia de la biotecnología dentro y fuera de la escuela. Primeros resultados de un estudio diagnóstico* (2007), es importante señalar el peligro de cometer un sesgo de generalidad al hablar de la Biotecnología como algo problemático o como asunto controvertido, pues lo que se deduce de nuestros datos no es más que la existencia de una diversidad de técnicas y desarrollos de tipo biotecnológico de las cuales algunas aplicaciones han resultado controvertidas”.

Por todo esto, la educación juega un papel fundamental en la docencia de la biotecnología, ya que es indispensable en la contribución al filtrado e interpretación por parte de los alumnos de la información relativa a las controversias que puedan suscitar sus aplicaciones, para que alcancen su condición de ciudadanos críticos con esa misma información y construyan sus propias opiniones sobre el tema propuesto.

---

<sup>1</sup> En el apartado 6.b. *Webgrafía*, se recogen algunas noticias recientes (entre 2016 y 2017) publicadas en diferentes medios de comunicación en relación a los temas mencionados.

<sup>2</sup> ABD: Asociación de Bioética y Derecho

Todo ello basado en el conocimiento del entorno en el que viven y su funcionamiento para, con estas propias opiniones formadas, ser parte de la vida activa de la sociedad y de sus decisiones.

## 2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo general de este trabajo es poner de manifiesto la importancia de la biotecnología y sus aplicaciones en la sociedad y la vida diaria, enmarcada en el valor de la educación en el campo de las Ciencias.

Este objetivo general se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

- I. Contextualizar el estudio de la biotecnología y sus aplicaciones y justificar la asignatura y el nivel más adecuados para su docencia.
- II. Analizar el grado de conocimiento de los alumnos sobre la biotecnología así como su opinión en relación con algunas de sus aplicaciones más polémicas y el interés que tienen en su estudio.
- III. Plantear una propuesta de programación que incluya las bases y conceptos más importantes de la biotecnología basada en la legislación vigente.
- IV. Proporcionar un enfoque didáctico que contemple la pluralidad en la opinión pública y analizar el posible debate social generado en relación a la biotecnología y sus aplicaciones.
- V. Utilizar una metodología que resulten motivadora para los alumnos, incluyendo recursos que contemplen temas de actualidad y que sean afines a su edad e intereses.
- VI. Facilitar a los alumnos información veraz y de carácter científico relacionada con la biotecnología así como medios y recursos fiables a los que acudir para su consulta.
- VII. Proporcionar a los alumnos una educación consistente que contribuya a su madurez intelectual y humana, que les facilite las herramientas necesarias para formar una opinión propia y crítica basada en el conocimiento de su entorno que contribuya a incorporarse a la vida activa con responsabilidad, sensibilidad y competencia.
- VIII. Contribuir a la divulgación científica a través de la divulgación de la biotecnología.



### 3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Como se ha mencionado en la introducción del presente trabajo, existe una necesidad de debate social informado, fundamentada en la ambivalencia de opiniones relativas a las nuevas biotecnologías y sus aplicaciones.

Ante este contexto social, la biotecnología llevada a la práctica docente requiere, por tanto, de un planteamiento que aborde el tema desde una perspectiva plural y que permita el análisis de la materia en profundidad, para cumplir con el objetivo de obtener ciudadanos con criterios propios que mantengan el interés por el funcionamiento del mundo en el que viven.

Para enmarcar el estudio de la biotecnología en el aula bajo esta perspectiva, se hace necesario, en primer lugar, analizar el marco normativo de la legislación actual vigente.

El contenido específico relacionado con la biotecnología que se refleja en el Real Decreto 1105, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (BOE núm. 3, Real Decreto 1105, 2015), pertenece a las asignaturas recogidas en la *Tabla 1*, que se analizarán a continuación:

Asignatura	Modalidad	Curso	Etapa
Biología y Geología	Troncal	4º	E.S.O.
Biología	Troncal	2º	Bachillerato
Cultura Científica	Específica	4º	E.S.O.
Cultura Científica	Específica	1º	Bachillerato

**Tabla 1:** Relación de asignaturas de Ciencias, modalidad, curso y etapa que incluyen de forma específica contenidos relacionados con la biotecnología.

- **Biología y Geología (4º E.S.O.)**

El currículo oficial refleja como contenido la ingeniería genética, la biotecnología y la bioética en el bloque denominado “la evolución de la vida”. En este curso se trabaja sobre aspectos como el ADN recombinante, la clonación o los organismos modificados genéticamente (OMG).

La asignatura Biología y Geología al final de la etapa Secundaria, busca que el alumnado conozca las grandes teorías que han permitido el desarrollo más actual de la Biología: la tectónica de placas, la teoría celular y la teoría de la evolución, enmarcando la biotecnología en el estudio de la genética.

En 4º de E.S.O. la biotecnología se aborda desde una perspectiva global y es la primera ocasión en Secundaria en la que se presenta este tema.

Cabe destacar que se busca por parte del alumno “la interpretación crítica de las consecuencias de los avances en el campo de la biotecnología”.

- **Biología (2º de Bachillerato)**

El enfoque de Biología en 2º de Bachiller tiene la vista puesta en los retos de las ciencias y, particularmente, en los ligados a la investigación biológica. Dentro del bloque de contenidos denominado “El mundo de los microorganismos y sus aplicaciones. Biotecnología” se abordan de manera expresa las nuevas técnicas de investigación en el campo de la biotecnología o de la ingeniería genética, así como nuevas ramas del conocimiento como la genómica o la proteómica.

Las dos asignaturas mencionadas, anteriormente permitirían enmarcar sin problema el tema del presente trabajo en el aula. No obstante, cabe destacar algunos aspectos a tener en cuenta, como que se trata de la primera toma de contacto de los alumnos en materia de biotecnología para el caso de 4º de E.S.O. y que, en 2º de Bachillerato, aunque se dedique un bloque temático completo a dicha materia, los tiempos están muy limitados para cada bloque y el curso está bastante enfocado a los exámenes finales de los alumnos y a la EBAU<sup>3</sup>.

- **Cultura Científica (4º E.S.O. y 1º de Bachillerato)**

La asignatura Cultura Científica, puede ser la más adecuada para enmarcar una visión amplia y completa de la biotecnología a través de sus aplicaciones y el papel de las mismas en el avance científico de la sociedad.

La asignatura está enfocada a que la sociedad “adquiera una cultura científica básica que le permita entender el mundo actual; es decir, conseguir la alfabetización científica de los ciudadanos.”

En el caso de 4º de E.S.O. algunas aplicaciones biotecnológicas podrían relacionarse con los siguientes bloques de la asignatura: “Bloque 4. Calidad de vida” y “Bloque 5. Nuevos materiales”. No obstante, en el currículo oficial no aparece la biotecnología de forma expresa.

Por otra parte, para 1º de Bachillerato se dejan cuestiones algo más complejas, como la genética y los avances biomédicos que sí se contemplan expresamente, y contenidos como la ingeniería genética, la biotecnología y los aspectos más relacionados con la controversia de la opinión pública en materia de clonación, transgénesis, terapia génica o selección y conservación de embriones.

Cabe destacar que, además, la asignatura Cultura Científica para 1º de Bachiller plantea otros aspectos más relacionados con la madurez intelectual y la búsqueda de una opinión crítica con respecto a la información ya que en ella se busca que el alumno evalúe, valore las repercusiones sociales, analice los

---

<sup>3</sup> EBAU: Evaluación de Bachillerato para el Acceso a la Universidad.

posibles usos de determinadas aplicaciones biotecnológicas e identifique tanto posibles problemas sociales como dilemas morales derivados de la aplicación de la genética.

- **Valores éticos (todos los cursos de Secundaria)**

Por último, podría hacerse una mención a la asignatura Valores Éticos que, aunque no se encuentra dentro de la rama de estudio del tema abordado en el trabajo, es una materia específica que se cursa en todos los niveles de Secundaria. Para todos los cursos, el currículo oficial (BOCYL núm. 86, Orden Educativa 363, 2015) presenta un bloque de contenido denominado “Los valores éticos y su relación con la ciencia y la tecnología”.

Aunque en esta asignatura no se presente la biotecnología como contenido específico, para el 4º curso de la E.S.O., se plantea la cuestión de la bioética, lo que podría ser una buena oportunidad para trabajar en el aula con los aspectos más polémicos de las aplicaciones biotecnológicas como una primera toma de contacto con el tema.

Existe la posibilidad de que el alumnado no curse la asignatura Valores Éticos durante la Educación Secundaria. En cualquier caso, la bioética es un aspecto que debería considerarse a la hora de enfocar la docencia de las Ciencias y en particular de los contenidos relacionados con la biotecnología.

A la luz de lo anteriormente mencionado, aunque el tema del presente trabajo bien podría adaptarse a las asignaturas analizadas, se va a realizar una propuesta didáctica enmarcada en la asignatura Cultura Científica para 1º de Bachillerato.

Este puede resultar el contexto más adecuado puesto que el alumnado accede al curso con los conocimientos básicos en materia de biotecnología trabajados en Biología y Geología de 4º de E.S.O., y en caso de cursar Cultura Científica en ese mismo nivel, tendrá una ampliación en el conocimiento de sus aplicaciones.

Por otro lado, los contenidos de esta asignatura para 1º de Bachiller y sobre todo el enfoque con el que se trabajan, proporcionarán al alumnado una base sólida para formar una opinión propia con la que enriquecer los contenidos de Biología de 2º de Bachillerato en el caso de cursar dicha asignatura en el siguiente curso.

Además, los alumnos que cursan 1º de Bachillerato se encuentran hacia el final de la etapa en su desarrollo cognitivo en la que se define su moralidad (Psicología para el profesorado de Educación Secundaria y Bachillerato, 2011). Es en este momento cuando se dan cuenta de que existe un gran debate sobre lo que está bien y lo que está mal, por lo que este período es el idóneo para presentarles controversias basadas en el análisis de diferentes escenarios, y crearles así conflictos cognitivos que sienten la base para un aprendizaje significativo.



#### 4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para cumplir los objetivos del presente trabajo, se ha planificado y desarrollado una metodología dividida principalmente en dos bloques de trabajo.

En primer lugar, se ha realizado una recopilación de datos, con la que se busca obtener una visión general de los conocimientos y opiniones que tienen los alumnos de 4º de E.S.O. en relación a la biotecnología.

Se han seleccionado a los alumnos del cuarto curso de Secundaria para disponer de una referencia real de los conocimientos en materia de biotecnología con los que el alumnado accede a la asignatura de Cultura Científica en el primer curso de Bachillerato.

Para la recopilación de datos se ha elegido una encuesta con un cuestionario corto y de respuesta cerrada.

Esta encuesta permitirá identificar un punto de partida para desarrollar la posterior programación didáctica mediante el conocimiento del interés de los alumnos en el tema y/o si disponen de una opinión formada sobre el mismo.

Por otro lado, la recogida inicial de información se planteará con el objeto de obtener una idea general de los conocimientos previos de los alumnos en algunos de los campos relacionados con la aplicación de la biotecnología.

Los conocimientos previos ayudarán a sustentar el ejercicio de una docencia constructivista, en la que supongan la base para la relación con las nuevas informaciones que se expongan en el aula.

A continuación, se ha desarrollado una propuesta de programación didáctica definida en una unidad didáctica denominada “La Biotecnología y sus aplicaciones”.

Dicha unidad didáctica está planteada para la asignatura Cultura Científica del primer curso de Bachillerato, y en ella se abordarán diferentes contenidos relacionados con los fundamentos de la biotecnología y la ingeniería genética, y sus aplicaciones, se trabajará con diversas metodologías y se analizarán distintas informaciones y opiniones en relación a la biotecnología reflejadas en una gran variedad de recursos didácticos.

Los objetivos, contenidos, evaluación, metodología, recursos didácticos, actividades y todos los aspectos relacionados con la mencionada programación, se describirán con detalle en el apartado 4.2. *Propuesta didáctica*.

#### **4.1. Encuesta inicial al alumnado**

Durante el mes de junio de 2017 se ha realizado una encuesta de carácter anónimo y en formato papel a 81 alumnos de 4º de E.S.O. del Colegio San Agustín de Valladolid.

De la muestra elegida, un total de 44 alumnos cursan la asignatura específica de Cultura Científica (54,32% del total de encuestados) y todos ellos cursan Biología y Geología.

En el currículo oficial de las dos asignaturas mencionadas anteriormente no se incluyen contenidos relacionados con la biotecnología de forma específica, pero cabe destacar que se trata de materias afines por tratarse de asignaturas que abordan contenidos propios de las Ciencias Experimentales relacionados con el tema en cuestión.

##### **4.1.1. Objetivos de la encuesta**

La recogida de inicial de datos a través de una encuesta busca obtener una visión general de los conocimientos y opiniones que tienen los alumnos de 4º de E.S.O. en relación a la biotecnología.

Los objetivos son los siguientes:

1. Analizar el grado de conocimiento de los alumnos sobre biotecnología a través de la identificación de algunas de sus aplicaciones.
2. Conocer las opiniones que tienen los alumnos de 4º de E.S.O. en relación a algunas de las aplicaciones de la biotecnología que suscitan mayor debate en la opinión pública.
3. Conocer la manifestación de acuerdo o desacuerdo de los alumnos con respecto al avance de la biotecnología.
4. Obtener una visión general del interés de los alumnos en el tema.

##### **4.1.2. Contenido de la encuesta**

En la encuesta realizada se han planteado 16 cuestiones en relación a la biotecnología y sus aplicaciones (encuesta completa en *ANEXO*).

El contenido de las preguntas que se plantean en la encuesta se puede diferenciar en tres bloques:

En primer lugar (pregunta 1) se le proponen al encuestado diferentes campos relacionados con la biotecnología y se le pide que seleccione, bajo su criterio, los que considera que están directamente relacionados con esta ciencia.

Con ello se pretende analizar cuáles de estos campos se repiten en las respuestas, cuáles son los que menos se repiten y tratar de identificar así con qué aplicaciones biotecnológicas se encuentran más familiarizados los alumnos. En este mismo bloque, se incluyen preguntas que buscan averiguar, si el encuestado identifica como procesos biotecnológicos un ejemplo de biotecnología tradicional como es la producción de cerveza (pregunta 2), dos ejemplos de biotecnología ambiental como es la producción de biocombustibles (pregunta 9) o la depuración de aguas residuales (pregunta 14), y/o si únicamente identifica la biotecnología con el campo de la Medicina (pregunta 3) y si conoce la existencia de otras aplicaciones de esta ciencia como es la biotecnología ambiental (pregunta 13).

El contenido del segundo bloque de preguntas (de la pregunta 4 a la 8 y de la 10 a la 12) busca conocer el acuerdo o desacuerdo con opiniones basadas en algunos de los temas que, como se ha mencionado anteriormente, suscitan mayor polémica en la opinión pública en relación a las aplicaciones de la biotecnología como, por ejemplo, la terapia génica, la ingeniería genética, la clonación o el consumo de transgénicos. En este bloque de preguntas también se da la opción de contestar “no sabe o no contesta” (NS/NC) por si el encuestado no tiene clara su respuesta o prefiere no pronunciarse al respecto.

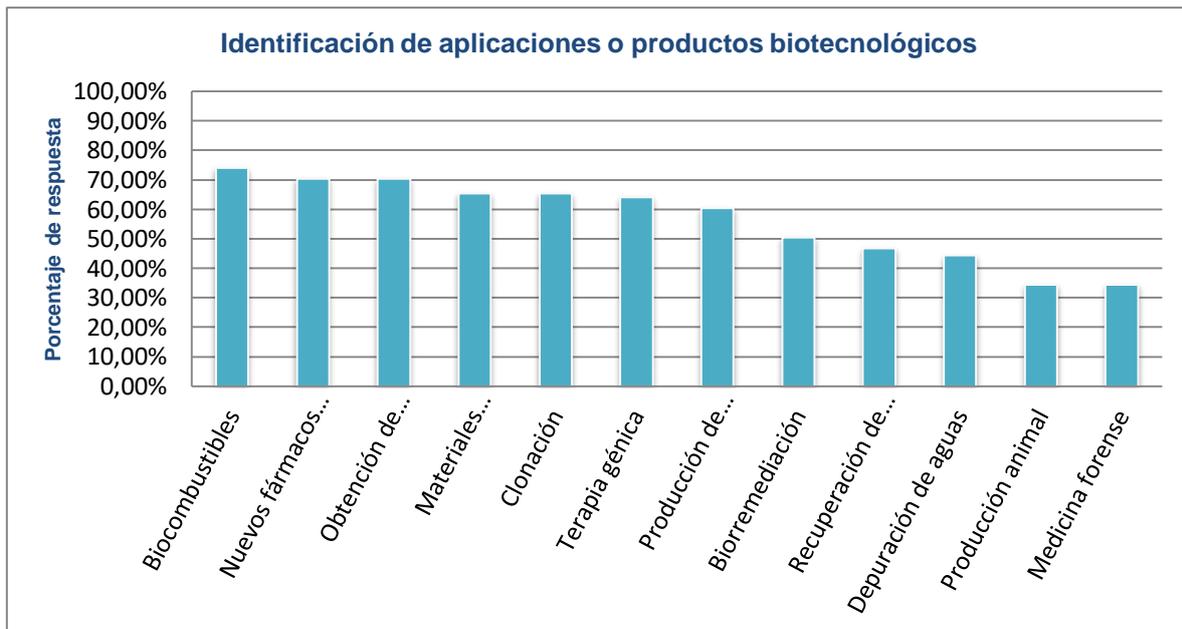
Por último, se han incluido dos preguntas (preguntas 15 y 16) que buscan conocer la opinión del alumnado en relación a la biotecnología. La primera de ellas (pregunta 15) busca que el encuestado se posicione a favor o en contra de la biotecnología alegando el avance de la Ciencia en favor de la sociedad a través del uso de organismos vivos o, por el contrario, la existencia de riesgos para la salud y el entorno. En el caso de la pregunta 16, se pregunta por el interés del encuestado en conocer más sobre el campo de la biotecnología.

#### 4.1.3. Análisis de resultados

El análisis de los resultados se realizará de acuerdo a los bloques de contenido de la encuesta realizada a los alumnos (ver apartado 4.1.2. Contenido de la encuesta).

Según se recoge en el *Gráfico 1*, ante la pregunta 1: “**¿Cuáles de los siguientes campos y/o productos consideras que están directamente asociados con la biotecnología?**” las respuestas más repetidas por los alumnos fueron los biocombustibles, los nuevos fármacos y vacunas, y la obtención de organismos genéticamente modificados, con unos porcentajes de respuesta del 74%, 70%, y 70% respectivamente. Por el contrario, la producción animal y la medicina forense fueron las aplicaciones biotecnológicas identificadas en menor proporción por los alumnos (35% en ambos casos).

Únicamente el 20% de los alumnos (16 personas) relacionó todas las aplicaciones y productos como parte de la biotecnología.



**Gráfico 1:** Porcentajes de respuesta frente a la pregunta *¿cuáles de los siguientes campos y/o productos consideras que están directamente asociados con la biotecnología?*

**Respuestas:** *Biocombustibles / Nuevos fármacos y vacunas / Obtención de organismos genéticamente modificados / Materiales biodegradables / Clonación / Terapia génica / Producción de alimentos fermentados / Biorremediación / Recuperación de especies en peligro de extinción / Depuración de aguas / Producción animal / Medicina forense*

En este mismo bloque, se plantearon las siguientes afirmaciones relacionadas con la identificación de diferentes procesos biotecnológicos en las que los alumnos debían manifestar su acuerdo o desacuerdo (incluyendo una tercera opción NS/NC).

- **P2:** El ser humano ha utilizado los seres vivos en su propio beneficio desde hace mucho tiempo, por ejemplo, utiliza levaduras para producir cerveza.
- **P3:** La biotecnología sólo está relacionada con la investigación médica porque sirve para diseñar nuevos medicamentos y vacunas.
- **P13:** La biotecnología no se puede aplicar a la protección del medio ambiente.
- **P9:** La obtención de biocombustibles como el biodiésel o el biogás, no tiene nada que ver con la biotecnología.
- **P14:** La depuración de aguas residuales es un proceso biotecnológico, porque se utilizan microorganismos para depurar el agua contaminada.

Los resultados indican (ver *Tabla 2*) que casi un 89% de los alumnos reconocen la biotecnología tradicional (reflejada en el ejemplo de obtención de alimentos fermentados) como biotecnología.

El 78% de los alumnos también identifica que la biotecnología no solo tiene aplicaciones relacionadas con la investigación médica y el 76% identifica aplicaciones ambientales en la biotecnología.

Cuando se pregunta de forma específica por la producción de biocombustibles o la depuración de aguas residuales, el 67% de los alumnos identifica la primera y el 62% la segunda como aplicaciones de la biotecnología.

Afirmación/pregunta	Respuesta	Porcentaje de respuesta
P2: El ser humano ha utilizado los seres vivos en su propio beneficio desde hace mucho tiempo, por ejemplo, utiliza levaduras para producir cerveza.	<b>Estoy de acuerdo</b>	<b>89%</b>
	No estoy de acuerdo	9%
	NS/NC	2%
P3: La biotecnología sólo está relacionada con la investigación médica porque sirve para diseñar nuevos medicamentos y vacunas.	Estoy de acuerdo	11%
	<b>No estoy de acuerdo</b>	<b>78%</b>
	NS/NC	11%
P13: La biotecnología no se puede aplicar a la protección del medio ambiente.	Estoy de acuerdo	12%
	<b>No estoy de acuerdo</b>	<b>76%</b>
	NS/NC	12%
P9: La obtención de biocombustibles como el biodiésel o el biogás, no tiene nada que ver con la biotecnología.	Estoy de acuerdo	10%
	<b>No estoy de acuerdo</b>	<b>67%</b>
	NS/NC	23%
P14: La depuración de aguas residuales es un proceso biotecnológico, porque se utilizan microorganismos para depurar el agua contaminada.	<b>Estoy de acuerdo</b>	<b>62%</b>
	No estoy de acuerdo	16%
	NS/NC	22%

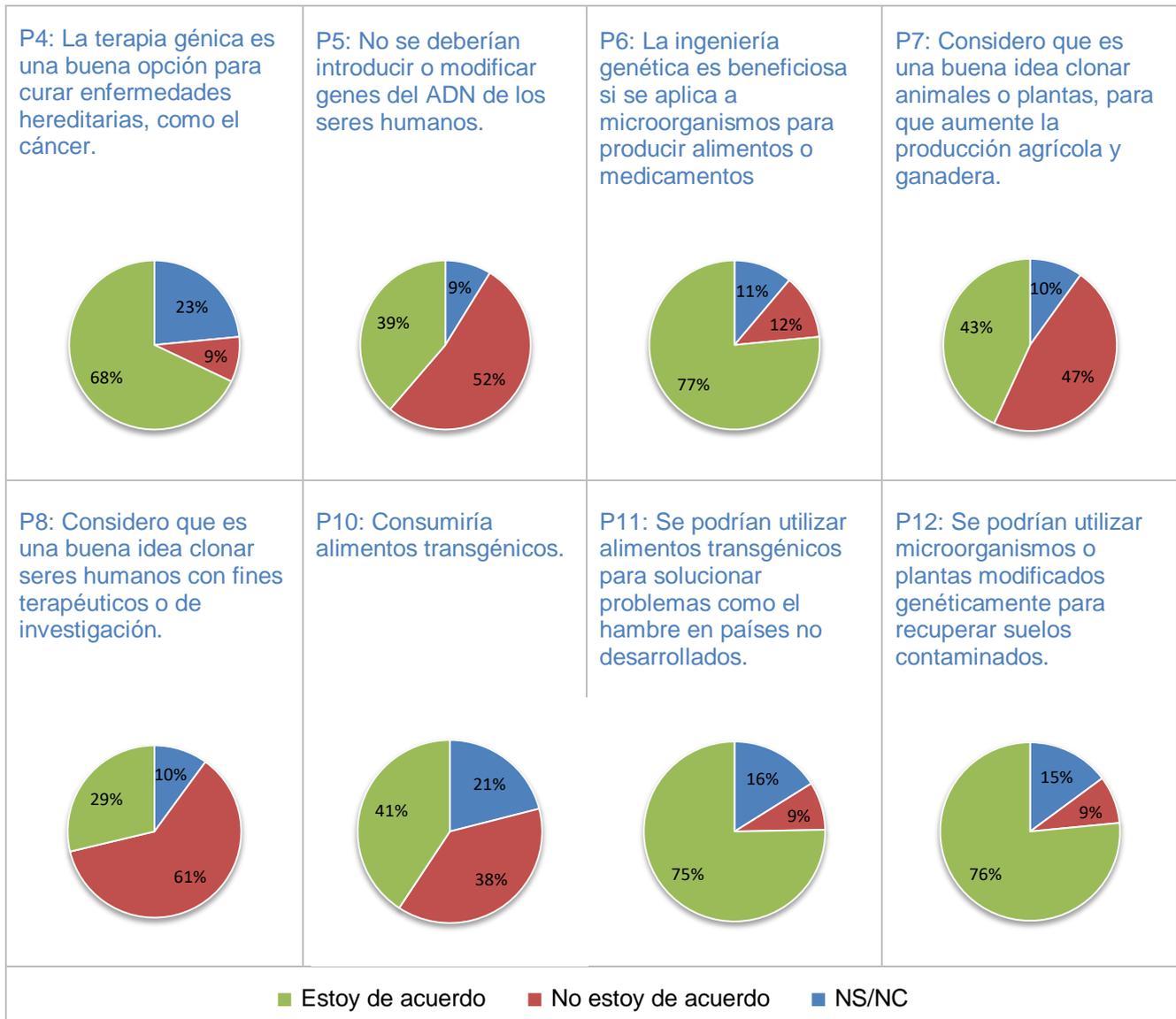
**Tabla 2:** Porcentaje de acuerdo o desacuerdo de los alumnos con respecto a algunas afirmaciones relacionadas con la identificación de las aplicaciones de la biotecnología.

En el segundo bloque de cuestiones, siguiendo la dinámica del bloque anterior, se les preguntó por los siguientes aspectos:

- **P4: La terapia génica es una buena opción para curar enfermedades hereditarias, como el cáncer.**
- **P5: No se deberían introducir o modificar genes del ADN de los seres humanos.**
- **P6: La ingeniería genética es beneficiosa si se aplica a microorganismos para producir alimentos o medicamentos.**
- **P7: Considero que es una buena idea clonar animales o plantas, para que aumente la producción agrícola y ganadera.**
- **P8: Considero que es una buena idea clonar seres humanos con fines terapéuticos o de investigación.**
- **P10: Consumiría alimentos transgénicos.**

- **P11: Se podrían utilizar alimentos transgénicos para solucionar problemas como el hambre en países no desarrollados.**
- **P12: Se podrían utilizar microorganismos o plantas modificados genéticamente para recuperar suelos contaminados.**

En el siguiente grafico, se muestran los porcentajes de respuesta de los alumnos ante las cuestiones anteriormente planteadas.



**Gráfico 2:** Porcentaje de acuerdo o desacuerdo de los alumnos con respecto a algunas afirmaciones relacionadas con las aplicaciones de la biotecnología que suscitan polémica en la opinión pública.

Como se recoge en el *Gráfico 2*, los resultados de la encuesta indican que, el 52% de los alumnos encuestados no está de acuerdo con que la manipulación genética se aplique a los seres humanos (pregunta 5) pero el porcentaje de alumnos que está de acuerdo es del 68% cuando se trata de la cura de enfermedades a través de la terapia génica (pregunta 4), y llega hasta el 77% si la ingeniería genética se aplica a microorganismos y está enfocada a la producción de medicamentos (pregunta 6) y el 76% si se trata de modificar genéticamente microorganismos o vegetales que ayuden a la biorremediación de suelos (pregunta 12).

En cuanto a la clonación, la opinión de los alumnos, en general, es negativa: cerca de la mitad de los alumnos, un 47% no está de acuerdo con clonar animales ni plantas para aumentar la producción, frente casi la otra mitad, un 43% que sí lo está (pregunta 7); el porcentaje de desacuerdo aumenta hasta el 61% cuando la clonación se realiza en seres humanos siendo para fines terapéuticos o de investigación (pregunta 8).

En relación al tema de la transgénesis, la opinión general es favorable: el 41% de los alumnos está de acuerdo con consumir transgénicos (frente a un 30% que no los consumiría). La mayoría de los alumnos (el 75%) considera que podrían utilizarse alimentos transgénicos para solucionar problemas como el hambre en los países menos favorecidos (pregunta 11).

En lo referente al acuerdo o desacuerdo de los alumnos con respecto al avance de la biotecnología, el 68% manifiesta estar **“a favor de que la ciencia avance en el campo de la biotecnología, y que la sociedad obtenga beneficio de otros organismos vivos”**, frente a un 15% que determina **“No estoy a favor de la biotecnología, creo que sus aplicaciones pueden suponer riesgos, sobre todo para la salud humana y el medio ambiente”**. El 17% restante no tiene una opinión definida al respecto.

Por último, y como visión general del interés de los alumnos en el tema, la mayoría (el 70% de los encuestados) dice estar interesado en el tema y **“le gustaría conocer más sobre la biotecnología y sus aplicaciones en la vida de las personas”**. Por el contrario, sólo un 7% se posiciona como **“No estoy a favor de la biotecnología, creo que sus aplicaciones pueden suponer riesgos, sobre todo para la salud humana y el medio ambiente”**. El otro 23% se mantiene indiferente ante el tema.

#### 4.1.4. Conclusiones de la encuesta

La recogida de datos ha permitido obtener una visión general de los conocimientos y opiniones que tienen los alumnos de 4<sup>o</sup> de E.S.O. en relación a la biotecnología.

Los resultados parecen indicar que existe cierta confusión en el alumnado con respecto a la identificación de las aplicaciones de la biotecnología. Aunque más de la mitad de los alumnos (entre el 51 y el 74%) identifican 8 de las 12 aplicaciones propuestas, sólo un 20% de ellos ha identificado todas las ramas de la biotecnología como aplicaciones de la misma.

Cabe destacar que el alumnado reconoce una biotecnología tradicional y que no limita sus aplicaciones a un solo campo, sino que se refleja en sus respuestas el carácter multidisciplinar de esta ciencia.

Esto nos lleva a pensar que aunque los alumnos identifican el tema y la mayoría de sus aplicaciones, todavía tienen dudas al respecto

Hay que tener en cuenta que todos los alumnos encuestados son alumnos de ciencias, cursan Biología y Geología, y han trabajado durante el curso unas nociones básicas en biotecnología incluidas en el marco de esa asignatura.

En cuanto a la opinión del alumnado con respecto a algunos temas relacionados con las aplicaciones de la biotecnología, podrían valorarse tres categorías según la temática:

- **Manipulación genética.**

La opinión general del alumnado es a favor cuando el fin es la cura de enfermedades hereditarias, y cuando el organismo genéticamente modificado no es un ser humano.

Con respecto a la idea de manipular genéticamente a seres humanos, existe cierta controversia, un 23% no sabe o no contesta ante la pregunta por la terapia génica a seres humanos, y algo más de la mitad de los alumnos considera que no debería realizarse manipulación del ADN humano.

Esta misma controversia puede originar un buen recurso para debatir el tema en clase, ya que la legislación actual vigente, prohíbe la manipulación del genotipo humano, pero contempla dicha manipulación siempre y cuando su finalidad sea la “eliminación o disminución de taras o enfermedades graves” (BOE núm 281, Ley Orgánica 10, 1995, art. 159).

- **Clonación.**

Como se ha reflejado en el análisis de resultados, la opinión de los alumnos es en general negativa frente a este tema. El hecho de clonar animales o plantas divide el posicionamiento de los alumnos a favor o en contra casi a la mitad.

La clonación es un tema que suscita controversias en la opinión pública, y posiblemente el debate que este tema origina haya podido repercutir en la opinión del alumnado.

Más de la mitad de los alumnos se muestra en desacuerdo a la clonación de seres humanos aunque se trate de fines terapéuticos o de investigación y, al igual que ocurría con el tema de la manipulación genética, este debate puede utilizarse como recurso didáctico en el aula pues, en este caso, la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea, aunque prohíbe la clonación reproductora de los seres humanos, también recoge que la clonación en humanos está permitida siempre que el fin sea terapéutico o de investigación.

## - **Transgénicos**

En el caso de los transgénicos, opinión vuelve a dividirse entre el alumnado cuando se pregunta por su consumo (el 41% los consumiría y el 38% no). En este caso, el porcentaje de respuesta “no sabe/ no contesta” es bastante significativo (21%).

No obstante, aunque la opinión respecto al consumo está dividida, el alumnado sí reconoce una potencial aplicación de los transgénicos en la obtención de alimentos para solucionar problemas como la hambruna.

El análisis de este punto, y coincidiendo con el resto de aspectos que suscitan más controversia, nos lleva a pensar que puede ser un buen tema sobre el que trabajar en el aula ya que daría lugar a debate entre el alumnado y permitiría dar pie a analizar aplicaciones de la transgénesis en distintos ámbitos como el de la agricultura, la industria o la medicina.

Puede considerarse de interés el hecho de que haya un porcentaje significativo entre los alumnos encuestados (en torno al 21-23%) que haya elegido la opción NS/NC ante las siguientes cuestiones:

- La terapia génica en humanos como solución a la cura de enfermedades.
- El consumo de transgénicos.
- La identificación de aplicaciones ambientales de la biotecnología como la generación de biocombustibles o la depuración de aguas residuales.

La opinión mayoritaria de los alumnos es a favor del avance de la Ciencia en el campo de la biotecnología y cabe destacar que, de acuerdo con los resultados del trabajo presentado por Sofía Serrano en 2016, un alto porcentaje de los alumnos dice querer tener más conocimientos sobre Biotecnología.

Como conclusión general los alumnos de 4º de E.S.O. conocen la biotecnología e identifican su carácter multidisciplinar en sus aplicaciones. Tienen una opinión formada y variada sobre los temas que suscitan más controversia en la opinión pública y, en su mayoría, se encuentran a favor del avance de la Ciencia en este campo y quisieran ampliar sus conocimientos en la materia.



## 4.2. Propuesta didáctica

La propuesta consiste en una programación didáctica recogida en una unidad completa que contemple los contenidos relacionados tanto con los fundamentos de la biotecnología y la ingeniería genética, como con sus aplicaciones.

En ella se buscará la diversidad tanto de metodologías como de recursos didácticos y se analizarán distintas informaciones directamente relacionadas con el tema.

### 4.2.1. Introducción y descripción de la unidad

La propuesta didáctica de nombre “La biotecnología y sus aplicaciones” desarrollada en el presente trabajo, está adaptada al currículo oficial para el curso 1º de Bachillerato.

La carga lectiva que corresponde a la asignatura Cultura Científica para el mencionado curso es de 2 horas semanales.

Como se indica en la justificación del trabajo (*epígrafe 3. Justificación*) se han seguido los contenidos reflejados en la legislación vigente para Cultura Científica de 1º de Bachillerato (BOE núm. 3, Real Decreto 1105, 2015; BOCYL núm. 86, Orden Educativa 363, 2015).

Esta unidad, pertenece al bloque 4 de contenidos denominado “La revolución genética”. En este tema, la legislación autonómica plantea en sus contenidos el estudio de la biotecnología moderna desde la comprensión de la genética y su desarrollo, partiendo de las técnicas de recombinación de ADN e ingeniería genética, hasta llegar a sus aplicaciones como la transgénesis, la terapia génica, la clonación, el uso de células madre, o la reproducción asistida. Analizando también las implicaciones éticas derivadas de la aplicación de la biotecnología.

Los conocimientos previos de los alumnos hasta la fecha, en relación al tema de la unidad didáctica, incluyen la molécula de ADN, la técnica del ADN recombinante, y conceptos como la clonación y los organismos modificados genéticamente (OMG) trabajados en la asignatura de Biología y Geología en 4º de E.S.O.

Durante el desarrollo de esta unidad, se busca la profundización en el tema desde una perspectiva que se enfoque hacia la opinión crítica y la madurez personal.

### 4.2.2. Enfoque y objetivos

El principal objetivo que se persigue en la presente unidad didáctica es dar una visión amplia y completa de la biotecnología a través de sus aplicaciones y el papel de las mismas en el avance científico de la sociedad.

El enfoque de los contenidos estará dirigido al análisis de la opinión pública y el debate social por parte del alumno, destacando las implicaciones éticas que sustentan dichas opiniones.

Se buscará también en el desarrollo del tema la implicación del alumno en la divulgación de la Ciencia, concretamente de los contenidos relacionados con la biotecnología y sus aplicaciones trabajados en clase.

Por tanto, los objetivos generales de la unidad se pueden resumir en los siguientes:

1. Conocer la información de carácter científico relacionada con la biotecnología para formar una opinión propia sobre sus diferentes aplicaciones.
2. Tomar conciencia de los diferentes puntos de vista reflejados en el análisis de las implicaciones sociales de la biotecnología y sus aplicaciones.
3. Involucrar al alumnado en la divulgación de la ciencia a través del ejemplo concreto de la divulgación de la biotecnología.

A continuación, se citan también los objetivos específicos de la unidad didáctica:

1. Conocer el vocabulario científico adecuado a su nivel.
2. Recordar los conceptos básicos relacionados con la molécula de ADN.
3. Saber cómo y dónde se almacena la información en un ser vivo y cómo se transmite dicha información a la descendencia.
4. Saber que existe la manipulación genética y la relación existente entre la ingeniería genética, la biotecnología y sus implicaciones.
5. Identificar la biotecnología como una ciencia multidisciplinar que tiene aplicaciones muy diversas y que afectan a distintos sectores de la actividad humana.
6. Diferenciar la información procedente de fuentes científicas de aquellas sensacionalistas o que persiguen objetivos meramente comerciales.
7. Mostrar una actitud crítica ante los debates sociales y las diferentes opiniones que puedan surgir en el seno de la opinión pública.
8. Analizar la presencia de la biotecnología en diferentes ámbitos sociales: literatura, cine, televisión, medios de comunicación, etc.

### 4.2.3. Contenidos

Los contenidos que se verán en la presente unidad didáctica se detallan a continuación:

1. El ADN, su composición y estructura. La relación entre el material genético y la herencia.
  - 1.1. La molécula de ADN, su composición y estructura.
  - 1.2. La replicación, transcripción y traducción del material genético.
  - 1.3. Transmisión de información genética del ADN: los genes.
  - 1.4. La organización del material genético: los cromosomas.
  - 1.5. La herencia genética y el papel de la recombinación.
  
2. La biotecnología y la ingeniería genética: manipulación de los genes.
  - 2.1. Definición de biotecnología.
  - 2.2. Definición de ingeniería genética.
  - 2.3. La tecnología del ADN recombinante.
    - a. Definición.
    - b. Secuencia de pasos.
    - c. Aplicaciones.
  
3. Las técnicas más importantes empleadas en biotecnología, sus principales aplicaciones y los aspectos éticos relacionados:
  - 3.1. La transgénesis: organismos con genes de otros organismos.
  - 3.2. La terapia génica: manipulación genética en contra de la enfermedad.
  - 3.3. La clonación y las células madre: obtención de organismos genéticamente idénticos y la potencialidad celular.
  - 3.4. La biotecnología ambiental: biotecnología en favor del medio ambiente.

#### 4.2.4. Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias

En la *Tabla 3*, se muestran los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje correspondientes a los contenidos mencionados en el epígrafe anterior, así como su relación con las competencias básicas que se van a desarrollar.

Como se muestra en la tabla, durante el desarrollo de la unidad didáctica se trabajarán específicamente las competencias Matemática y en Ciencia y Tecnología, debido a la construcción de nuevos conocimientos así como la Competencia Social y Cívica reflejada en el análisis de las repercusiones sociales.

El análisis de diferentes escenarios a lo largo de la unidad buscará que los alumnos desarrollen la competencia para Aprender a Aprender, y sean capaces de aprender de manera independiente.

Además, se trabajarán otras competencias de forma transversal como la competencia lingüística, a través de la comprensión lectora y la expresión oral y escrita en las actividades propuestas, la competencia Digital y la Conciencia y Expresiones Culturales a través del desarrollo de actividades que fomentan la comunicación audiovisual y el análisis y divulgación de noticias y temas de actualidad, y el Sentido de la Iniciativa y Espíritu Emprendedor mediante el emprendimiento y la iniciativa en el desarrollo del trabajo cooperativo en el marco del ABP<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> ABP: Aprendizaje Basado en Proyectos.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES	CL	CMCT	CDIG	AA	SI EE	CSC	CEC
1. Obtener, seleccionar y valorar informaciones sobre el ADN, el código genético y la herencia genética.	1.1. Conoce las principales características del ADN y lo diferencia de los genes.		X					
	1.2. Identifica qué es un gen y qué relación tienen los genes con las características de la persona.		X					
	1.3. Relaciona el material genético y su transmisión con la herencia genética.		X					
2. Entender los conceptos de biotecnología e ingeniería genética y conocer la técnica del ADN recombinante.	2.1. Identifica qué es la biotecnología y la ingeniería genética y las reconoce como nuevas ciencias.		X					
	2.2. Reconoce la técnica del ADN recombinante.		X					
3. Evaluar las aplicaciones de la ingeniería genética y la biotecnología y valorar sus repercusiones sociales.	3.1. Analiza la obtención de transgénicos, sus ventajas e inconveniente y las repercusiones sociales y económicas				X	X		
	3.2. Establece las repercusiones sociales y éticas de la terapia génica.				X	X		
	3.3. Describe y analiza las posibilidades que ofrece la clonación en diferentes campos.				X			
	3.4. Reconoce los diferentes tipos de células madre y sus principales aplicaciones.		X					
	3.5. Analiza las posibles aplicaciones medioambientales de la biotecnología.				X			

**Tabla 3:** Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje correspondientes a la unidad didáctica y relación con las Competencias Básicas desarrolladas.

**CÓDIGOS DE COMPETENCIA:** Competencia Lingüística: CL; Competencia Matemática y Competencias en Ciencia y Tecnología: CMCT; Competencia Digital: CDIG; Aprender a Aprender: AA; Sentido de Iniciativa y Espíritu Emprendedor: SIEE; Competencias Sociales y Cívicas: CSC; Conciencia y Expresiones culturales: CEC.

#### 4.2.5. Metodología

Para cumplir los objetivos de este tema, se ha propuesto una secuencia didáctica compuesta de 3 puntos que se desarrollará en el siguiente orden:

1. En primer lugar un bloque que se centre en la molécula de ADN, su composición y estructura, así como la relación existente entre el material genético y la herencia genética.
2. En el segundo bloque de contenidos “La biotecnología y la ingeniería genética: manipulación de los genes” se van a trabajar los conceptos de biotecnología e ingeniería genética y se explicará la técnica del ADN recombinante.
3. Por último se analizarán las principales aplicaciones de la ingeniería genética y la biotecnología: la transgénesis, la terapia génica, la clonación y el uso de células madre y la biotecnología ambiental.

El desarrollo de la unidad se realizará utilizando la siguiente metodología:

- **Exposición de los contenidos por parte del profesor**

El profesor expondrá los contenidos pertenecientes a los puntos 1 y 2: *“El ADN, su composición y estructura. La relación entre el material genético y la herencia”* y *“La biotecnología y la ingeniería genética: manipulación de los genes”*.

Se partirá de los conocimientos previos de los alumnos y se avanzará en los contenidos a través de una metodología activa y participativa, en la que se trabaje una dinámica de preguntas y respuestas.

También se trabajará sobre las dudas de los alumnos, realizando cuantas aclaraciones sean pertinentes y se destacarán los aspectos clave de la unidad.

- **Flipped classroom**

La última parte del tema: *“Las técnicas más importantes empleadas en biotecnología, sus principales aplicaciones y los aspectos éticos relacionados”* se trabajará con la metodología *flipped classroom*. Para ello, los alumnos prepararán los contenidos en casa y en el aula se trabajará sobre el tema en base a su exposición al resto de los compañeros, invirtiendo así los tiempos de la clase y la figura del emisor de la información.

Esta metodología además se apoyará en el aprendizaje guiado por el profesor, que se convertirá en una figura de apoyo, facilitadora e intermediaria entre la información y el alumno, que guiará la actividad en el aula fomentando la interacción y la participación.

Algunas de las ventajas de la *flipped classroom* son la elevada motivación que supone para los estudiantes y el impulso que proporciona hacia el aprendizaje autónomo.

- **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)**

Para la última parte del tema: *“Las técnicas más importantes empleadas en biotecnología, sus principales aplicaciones y los aspectos éticos relacionados”* se planteará un proyecto que se realizará a través de un trabajo colaborativo.

En dicho proyecto, los alumnos deberán, por grupos, analizar la información proporcionada relacionada con las aplicaciones de la biotecnología y de la ingeniería genética reflejadas en los contenidos, explicarla en clase al resto de compañeros y preparar una exposición que describa su trabajo, y las conclusiones a las que han llegado para su divulgación.

La principal ventaja del ABP es que los alumnos se convierten en protagonistas de su propio aprendizaje y desarrollan su autonomía y responsabilidad. Su misión es planificar, estructurar el trabajo y elaborar el producto para cumplir con el objetivo fijado y de nuevo el profesor se convierte en un guía y apoyo a lo largo del proceso.

A lo largo de la presente unidad, cobrarán especial relevancia las técnicas de aprendizaje colaborativo y la utilización de estrategias positivas en la resolución de conflictos para potenciar la autonomía de los alumnos, el pensamiento crítico y la capacidad de aprender por sí mismos.

Así mismo, se mantendrá una dinámica de preguntas abiertas para su discusión a lo largo de la exposición de cada tema, tanto para la exposición del profesor como para la de los alumnos, fomentando el clima de confianza y diálogo.

Por último, cabe destacar que, en cualquier caso, la metodología irá dirigida a la atención a las necesidades educativas (siempre específicas de los alumnos) atendiendo a factores como la naturaleza de la materia, las condiciones socioculturales, la disponibilidad de recursos y las características personales de cada alumno como su potencial de aprendizaje, su motivación y sus intereses. Para ello, se buscará que tanto la metodología como los recursos didácticos resulten atractivos y motivadores para los estudiantes.

#### 4.2.6. recursos didácticos

Como se ha mencionado anteriormente, los recursos didácticos (recogidos en la *Tabla 4*) se han seleccionado pensando en los intereses del alumnado y su motivación, por lo que además de noticias que puedan encontrar fácilmente en medios de comunicación, se han seleccionado materiales de diferentes soportes para que el alumnado tenga la posibilidad de elegir los materiales que más le interesen.

Existe una gran variedad de recursos relacionados con la cultura que son un fiel reflejo de las controversias y los dilemas éticos que plantea la biotecnología en la sociedad. Tanto en el cine, como en series y novela, existen multitud de referencias a los límites de la vida, y se tratan aspectos como la ingeniería genética y sus aplicaciones.

Resulta interesante proponer también algún recurso relacionado con la música, que pudiera servir como puerta a que los alumnos investiguen más sobre el tema y lo relacionen con la influencia de la música en el estilo de vida de las sociedades.

Así mismo, la radio es un medio no especialmente popular entre los jóvenes pero que se ha modernizado mucho en los últimos años, colgando en internet los *podcast* de sus últimas emisiones y generando un archivo de programas que bien pueden servir para la investigación y la búsqueda de información veraz.

La finalidad de facilitarles a los alumnos determinados artículos de divulgación científica es, por un lado, que tomen contacto con el lenguaje científico y, por otro, que dispongan de fuentes y plataformas enfocadas a la divulgación de la Ciencia en la que localizar contenidos e informaciones fiables a las que poder acudir para su consulta.

A los alumnos se les facilitará la información a través de la plataforma gratuita *Khan academy*, que está especialmente diseñada para preparar sesiones de *flipped classroom*.

La divulgación se realizará a través de un blog realizado por el profesor mediante la tecnología de la plataforma gratuita *blogger*.

Además de los recursos anteriormente mencionados, se utilizará el programa Microsoft PowerPoint para las presentaciones de los alumnos y del profesor.

En la *Tabla 4* se recogen algunos ejemplos de recursos y la temática con la que están relacionados, que se les puede proporcionar a los alumnos a modo de banco de recursos:

Soporte	Título	Temática	Descripción
Cine	Jurassic Park (Parque Jurásico)	Transgénesis Clonación	La película de ciencia ficción aborda el tema de la creación de dinosaurios a partir de la inserción de un fragmento de ADN recogido de un mosquito en el de una rana. En la escena del laboratorio se explica todo el proceso de obtención de animales transgénicos. En la escena del restaurante, se plantean los diferentes puntos de vista ante el análisis ético de la situación.
	Never let me go (Nunca me abandones)	Clonación	La película muestra un mundo imaginario en el que se producen seres humanos clonados para obtener recambios de órganos. Plantea el dilema moral de los límites de la clonación.
Series	Fringe	Organismos Genéticamente Modificados	Es una serie de ciencia ficción en la que un equipo de científicos ayuda al FBI a investigar diversos casos inexplicables, a menudo horribles, que están relacionados con un misterioso universo paralelo. En el episodio 5 de la primera temporada se descubre a un hombre que con unas palomas mensajeras modificadas genéticamente realiza un seguimiento de la firma electromagnética de las personas para su localización.
Televisión	El cazador de cerebros	Ingeniería genética y Biotecnología	El programa de rtve está dividido por capítulos y en cada uno de ellos se aborda un ámbito de la ciencia desde distintos puntos de vista. En los capítulos “¿querrías saber tu destino genético?” y “el futuro de la medicina” se entrevista a expertos en el tema y se acerca la visión de la sociedad sobre el mundo de la genética.
Radio	A hombros de Gigantes	Células madre, Embriones y Terapia génica	Programa de rne en el que se entrevista a Miguel Torres, director del departamento de Control Genético del Desarrollo y Regeneración de Órganos en el Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares.
	El laboratorio de Jal	Células madre, Transgénicos	Programas cortos de rne que abordan diferentes temas relacionados con la ciencia y en algunos casos con la biomedicina.
Novela	Khimera	Ingeniería genética	Novela de ciencia ficción en la que en un futuro próximo, en el seno de una guerra entre países y una trama bélica, aparece una raza de semi-humanos debido a una mutación genética causada por un agente químico. En el capítulo “Ake dahl” se detalla cómo un biotecnólogo descubre esta mutación y describe el proceso.
Música	Semillas	Alimentos transgénicos	Macaco, en su canción “semillas”, lanza un grito de lucha contra un mundo deshumanizado y artificial en el que ya no se protege a la Tierra.
Artículos de divulgación	La ética de la genética	Ingeniería genética	Artículo del portal Science in school que trata sobre los aspectos éticos de la ingeniería genética.
	Agricultura y transgénicos	Alimentos transgénicos	Artículo de Greenpeace sobre las consecuencias negativas del uso de la agricultura industrial y los transgénicos.
	Hacia una bioingeniería del planeta	Medio ambiente y biotecnología	Artículo de la revista Investigación y Ciencia sobre cómo la biología sintética podría ayudar a evitar el colapso ambiental.

Tabla 4: Recursos didácticos recomendados.



#### 4.2.7. Actividades

Durante el desarrollo de la unidad, se realizarán las siguientes actividades en cada bloque de contenidos:

- **A.1. Mind map**

***Un mapa mental (en inglés mind map) es un diagrama que nos permite representar conceptos con palabras, dibujos, esquemas, etc. y la relación que existe entre ellos.***

***Con todo lo trabajado y explicado en clase, elabora tu propio mind map en un papel con formato A3 que incluya y describa las siguientes ideas clave:***

- **ADN**
- **Replicación**
- **Transcripción**
- **Traducción**
- **Proteínas**
- **Genes**
- **Cromosomas**
- **Recombinación**
- **Herencia genética**

La actividad A.1. pertenece al bloque de contenidos “1. El ADN, su composición y estructura. La relación entre el material genético y la herencia”. Se realizará en clase.

El objetivo de esta actividad es que los alumnos trabajen los contenidos del tema y la organización de los conceptos vistos en el aula a través de una sencilla técnica como los mapas mentales. Los *mind map* desarrollan la motivación y creatividad del alumnado y sobre todo la competencia para Aprender a Aprender, ya que no sólo se está trabajando la adquisición de nuevos conocimientos e ideas sino una estrategia para organizarlas facilitando así su estudio.

- **A.2. La transposición genética**

**Lee el siguiente texto sobre Bárbara McClintok y contesta a las siguientes preguntas:**

**BARBARA McCLINTOCK**



Barbara McClintock recibe el premio Nobel de Fisiología o Medicina.

Barbara McClintock (1902-1993) es una de esas personas que se adelantó a su tiempo. Botánica de profesión, dedicó su vida al estudio de la genética aplicada al maíz. Esta genetista estadounidense realizó importantes descubrimientos durante las décadas de 1940 y 1950; en particular, la transposición de genes, procedimiento mediante el cual porciones de ADN pueden moverse por distintos lugares de un cromosoma.

Por este descubrimiento, difundido públicamente en 1951 durante una conferencia en Cold Spring Harbour (EE UU), recibiría en 1983 (¡32 años después!) el premio Nobel de Fisiología o Medicina. Es la única mujer que ha obtenido este galardón en solitario. Y, como muchos otros científicos, tuvo que sufrir una buena dosis de incompreensión por parte de sus colegas antes de que estos admitieran la veracidad de sus descubrimientos.

La transposición de genes (genes saltarines) le permitió explicar algunas características físicas observadas en el maíz. Por ejemplo, la presencia de granos de distintos colores en una misma mazorca.

Además, contribuyó de manera notable a afianzar algunos conceptos claves en la genética actual, como la recombinación genética y el entrecruzamiento que se producen

durante los procesos de meiosis, en la reproducción celular. Y su campo de estudio abarcó también a los genes reguladores que activan o desactivan a otros genes.

El siguiente texto corresponde a la traducción de su discurso durante el banquete de entrega de los premios Nobel de 1983:

«Entiendo que estoy aquí esta tarde porque la planta del maíz, con la que he trabajado durante muchos años, reveló un fenómeno genético que resultaba totalmente chocante con el dogma de ese tiempo, hacia la mitad de la década de 1940.

Recientemente, con la aceptación general de este fenómeno, me han preguntado, especialmente jóvenes investigadores, simplemente cómo me he sentido durante el largo periodo en que mi trabajo fue ignorado, descartado o cuando despertó frustración.

Primero, debo admitir, estaba sorprendida y desconcertada, pues pensé que la evidencia y mi interpretación lógica eran suficientemente reveladores. Pronto quedó claro, sin embargo, que asunciones tácitas –la esencia del dogma– ejercieron como barrera frente a una comunicación efectiva. Mi comprensión del fenómeno responsable de los rápidos cambios en la acción del gen, incluyendo expresiones variopintas vistas comúnmente tanto en plantas como animales, era demasiado radical para esa época. Una persona necesitaría tener mis experiencias, o unas similares a ellas, para penetrar en esta barrera.

Posteriormente, varios genetistas del maíz sí reconocieron y exploraron la naturaleza de este fenómeno, y ellos deben haber sentido las mismas exclusiones. Nuevas técnicas hicieron posible darse cuenta de que el fenómeno era universal, pero esto fue muchos años después. Entre tanto no fui invitada a dar lecturas o seminarios, excepto en raras ocasiones, o a actuar en comités o comisiones, o interpretar el trabajo de otros. En lugar de causar dificultades personales, este largo intervalo de tiempo me provocó un gran placer. Permitted una completa libertad para continuar investigaciones sin interrupción y por la mera felicidad que ellas me proporcionaban».

Fuente: <http://nobelprize.org>

- Busca más información acerca de la transposición de genes y explica con tus palabras en qué consiste el proceso.**
- ¿Qué aplicación crees que podría tener la transposición génica?**
- ¿Por qué crees que Bárbara McClintock no fue invitada a dar casi ninguna conferencia durante gran parte de su carrera?**

En el marco del bloque de contenido “2. La biotecnología y la ingeniería genética: manipulación de los genes” La actividad A.2. persigue los siguientes objetivos:

- Promover la autonomía del alumno en la búsqueda de información científica.
- Desarrollar diferentes competencias como la Competencia lingüística a través de la expresión escrita; la Competencia Digital mediante la búsqueda *online* y la Competencia Social y Cívica mediante el conocimiento de un ejemplo concreto de premio Nobel.
- Promocionar la cultura científica a través de los premios nobel.
- Sensibilizar a los alumnos con respecto al papel que han tenido las mujeres en la ciencia.

Es una actividad para realizar en clase.

### • A.3. Proyecto

La actividad A.3. pertenece al tercer epígrafe de la unidad didáctica: “Las técnicas más importantes empleadas en biotecnología, sus principales aplicaciones y los aspectos éticos relacionados”.

Se desarrollará de acuerdo a las siguientes pautas:

***Por grupos de trabajo, tendréis que consultar el recurso o los recursos que se os han facilitado y sobre ellos, trabajar en los siguientes aspectos:***

***a. El tema de los siguientes propuestos al que hace referencia (puede tratarse de más de un tema):***

- ***Transgénicos***
- ***Clonación***
- ***Ingeniería genética y Biotecnología***
- ***Células madre y embriones***
- ***Terapia génica***
- ***Medio ambiente***

***b. El dilema moral que en él se plantea o el que pudiera plantear. Explicad por qué supone o puede llegar a suponer un dilema moral y en qué situaciones podría ocurrir.***

***c. Proponed argumentos a favor o en contra justificados, expresando qué personas o grupo social podría verse reflejado con cada uno de los mencionados argumentos.***

***d. Buscad al menos dos noticias relacionadas con el tema.***

***El resultado del trabajo será el siguiente:***

- a. Una exposición en el aula con una presentación en PowerPoint que dure 10 minutos y que incluya, por un lado, una descripción de la aplicación que os ha tocado (qué es, en qué consiste, cómo y cuándo se lleva a la práctica, en qué podría aplicarse) y por otro que describa de lo que trata vuestro recurso o recursos.***
- b. Un archivo de audio, de duración máxima de 5 minutos en el que intervengan todos los participantes del grupo y que tenga un fin divulgativo (se colgará en el blog de la clase).***

***El formato de la intervención es libre (debate, entrevista, informativo, etc.)***

***Este archivo debe reflejar una situación hipotética en la que se explique:***

- Qué aplicación de la biotecnología se va a tratar y en qué consiste.***
- Qué dilema moral se plantea en esa situación***
- Posicionamientos justificados a favor y en contra.***
- Una conclusión final.***

Los grupos de trabajo serán de entre 3 y 5 personas, y el número de grupos de trabajo, dependerá del número de alumnos haya en clase. Igualmente, en función del número de grupos se les proporcionará a los alumnos unos u otros recursos.

El planteamiento del proyecto busca motivarles y promover la búsqueda de información científica por parte de los alumnos, pero también que desarrollen estrategias de trabajo cooperativo, sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor y que tomen contacto con temas de actualidad científica y de debate social a través de una gran diversidad de soportes: radio, música, televisión, películas series, artículos, etc.

Tal y como está planteada la actividad, se desarrollará una primera búsqueda de información y seguidamente se les animará a la reflexión sobre el tema y al planteamiento de hipotéticas situaciones en las que pudiera establecerse un dilema moral (si es que el propio recurso no lo plantea de forma explícita).

En este punto el objetivo es doble: que los estudiantes tomen una postura crítica ante las diferentes opiniones y sobre todo que reflexionen sobre distintos puntos de vista existentes. También se buscará trabajar de forma implícita la empatía y la moralidad bajo el análisis de la diversidad de intereses sociales, políticos y/o económicos que respalden dichas opiniones.

Por otro lado, los alumnos deberán organizar la información que hayan encontrado, discurrido y trabajado para exponérsela, al resto de compañeros en clase.

Este será el punto de partida para que, a través de las dinámicas de clase invertida (*flipped classroom*), se expliquen en el aula los contenidos relacionados con la materia del proyecto.

La exposición no sólo será a sus compañeros, sino también se informará a la sociedad, a través de la divulgación en internet en un blog creado para tal efecto.

El objetivo de esta última acción es que los alumnos tomen conciencia de la importancia de la divulgación científica implicándose directamente en ella. Se fomentará también en el ámbito escolar y familiar que se escuchen sus propios *podcast* para promover así el debate informado en la sociedad, empezando por el entorno más cercano al alumno que es su propia área de influencia.

- **E.1. Análisis crítico. Actividad de evaluación.**

El objetivo de la actividad será evaluar el dominio de los contenidos trabajados en la última parte de la unidad didáctica: *“Las técnicas más importantes empleadas en biotecnología, sus principales aplicaciones y los aspectos éticos relacionados”*. Es una actividad que se desarrollará en clase.

La actividad consistirá en realizar un ensayo de opinión en el que se realice un análisis crítico del contenido explicado por los alumnos durante el desarrollo de la actividad A.3., según el modelo siguiente:

***A la luz de todo lo trabajado en clase, realiza un ensayo de opinión en el que desarrolles un análisis crítico de los siguientes temas:***

- ***Repercusiones sociales y económicas de la producción de transgénicos.***
- ***Repercusiones sociales y éticas de la terapia génica.***
- ***La clonación y su aplicación a diferentes campos.***
- ***Principales aplicaciones de las células madre.***
- ***Posibles aplicaciones medioambientales de la biotecnología.***

***La extensión máxima del ensayo deberá ser de 3 páginas.***

***Es muy importante que justifiques con argumentos a favor y/o en contra las opiniones expresadas.***

El objetivo de la actividad, además de consolidar los contenidos trabajados en la unidad, es ayudar al alumno a consolidar su propia opinión sobre el tema. No se dará tanta importancia a la opinión sino a la forma de argumentarla, además de promocionar el desarrollo de la Competencia Lingüística través de la expresión escrita y del Aprender a Aprender mediante la estructuración de las ideas para construir una opinión crítica.

#### 4.2.8. Evaluación

La evaluación de los procesos de aprendizaje de los alumnos será formativa, continua e integradora.

Los referentes para la comprobación del grado de adquisición de las competencias y el logro de los objetivos de la etapa en las evaluaciones continua y final de la materia serán los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables mencionados anteriormente en el epígrafe 4.2.3. (*Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias*) de la presente unidad didáctica.

La evaluación formativa se realizará a través de una **coevaluación**, una **autoevaluación** y una **heteroevaluación**, que consistirá en una evaluación por parte del profesor.

- **Coevaluación**

La coevaluación es la evaluación del alumno por parte de sus propios compañeros.

En esta unidad, se utilizará una coevaluación para evaluar diferentes aspectos del proyecto desarrollado. Para ello, al final de cada exposición, el resto de grupos rellenará una rúbrica como la que se muestra en la *Tabla 5*.

La nota media (obtenida realizando la media aritmética) de las coevaluaciones de todos los grupos, se ponderará al 40% con la nota que el profesor asigne a ese grupo (la nota del profesor valdrá un 60%).

La nota que obtenga el grupo completo será la misma para todos los participantes.

% nota	Criterios de evaluación	Nada (0 puntos)	Poco (1 punto)	Medio (2 puntos)	Bastante (3 puntos)	Mucho (4 puntos)
5%	La exposición en clase es clara y concisa.					
5%	Utilizan correctamente el vocabulario científico.					
5%	Todos los integrantes del grupo se expresan con claridad en la exposición.					
20%	Describen de manera clara la aplicación en la que se basa su proyecto.					
20%	Se entiende claramente qué dilema moral plantean los integrantes del grupo.					
10%	Han explicado opiniones a favor y en contra.					
5%	Las noticias que han seleccionado se ajustan al tema propuesto.					
5%	Todos los integrantes del grupo se expresan con claridad en la grabación.					
5%	La grabación y exposición se ajusta a los tiempos establecidos.					
20%	El grupo llega a una conclusión.					

**Tabla 5:** Rúbrica de coevaluación para la actividad A.3.

### • Autoevaluación

Cada alumno rellenará una encuesta de autoevaluación que le permitirá analizar su propia actuación en el desarrollo del proyecto (A.3.).

La autoevaluación será únicamente orientativa para el alumno y para el profesor, pero no tendrá validez en la calificación final del alumno.

La autoevaluación desarrolla en el estudiante la competencia de Aprender a Aprender, puesto que le ayuda a reflexionar sobre su propio trabajo.

Para llevarla a cabo, al finalizar el proyecto, se les pasará a los estudiantes la encuesta recogida en la *Tabla 6*, con el siguiente encabezado:

**Valora del 0 al 4, los siguientes aspectos durante el desarrollo de tu trabajo:**

Criterios de evaluación	0 Nada 4 Mucho
He organizado la información durante el trabajo y al exponer.	
Mi exposición tanto en la presentación como en el audio ha sido clara.	
He utilizado correctamente el vocabulario científico	
He entendido el tema y he sabido explicárselo a mis compañeros.	
He participado en el reparto de tareas de mi grupo de trabajo.	
He llevado a cabo mis tareas asignadas en el grupo de trabajo.	
He colaborado en la búsqueda de información y en la de noticias.	
He colaborado en el planteamiento del dilema moral y su análisis.	
He aportado mis propias opiniones y mi punto de vista.	
He propuesto ideas en el grupo.	
He aprendido conceptos que no sabía.	

**Tabla 6:** Rúbrica de autoevaluación para la actividad A.3.

### • Heteroevaluación

La heteroevaluación consistirá en la evaluación por parte del profesor de los siguientes aspectos:

- **Actividad A.1 Mindmap** (se valorará de 0 a 10 puntos).  
En ella se evaluarán los siguientes puntos:
  - Conoce las principales características del ADN y las refleja en el mapa mental.
  - Reconoce lo que es un gen y lo diferencia del ADN.
  - Relaciona el material genético y su transmisión con la herencia genética.

La calificación hará media con el resto de calificaciones hasta un máximo del **10%** de la nota final de la evaluación.

- **Actividades control de preguntas y respuestas.** (Se valorará de 0 a 3 puntos).

Sobre lo explicado en clase, se realizarán a lo largo de las sesiones de teoría preguntas y respuestas relacionadas con los contenidos vistos en la unidad. Se evaluarán los siguientes aspectos:

- Identifica qué es la biotecnología y la reconoce como nueva ciencia.
- Identifica qué es la ingeniería genética y la reconoce como nueva ciencia.
- Reconoce y describe la técnica del ADN recombinante.
- Usa correctamente el lenguaje científico.

Esta calificación hará media con el resto de unidades hasta un máximo del **10%** de la nota final de la evaluación.

- **Actividad A.3. Proyecto ABP.**

Esta calificación hará media con el resto calificaciones hasta un máximo del **50%**.

Como se ha mencionado anteriormente, esa nota procede de la heteroevaluación del profesor y de la coevaluación de los compañeros, ambas se realizarán utilizando la rúbrica recogida en la *Tabla 5*. Las calificaciones resultantes harán media ponderada del 60% y el 40% respectivamente.

- **Actividad de evaluación E.1. Análisis crítico.**

El análisis crítico se valorará de 0 a 10 puntos, y esta calificación hará media con el resto de calificaciones hasta un máximo del **30%** de la nota final.

Los puntos que se evaluarán en la actividad E.1. serán los siguientes:

- Se expresa de una forma clara y concisa.
- Expresa una opinión y la justifica con argumentos.
- Establece las repercusiones sociales y económicas de la producción de transgénicos.
- Establece las repercusiones sociales y éticas de la terapia génica.
- Analiza las aplicaciones de la clonación a diferentes campos.
- Reconoce las principales aplicaciones de las células madre.
- Analiza las posibles aplicaciones medioambientales de la biotecnología.

- **Actitud**

Se valorará la actitud hacia la materia entendida como trabajo diario en clase así como el interés a través de su participación activa en las clases y su iniciativa personal en el desarrollo de procesos creativos, propuestas, etc.

- Una actitud positiva se tendrá en cuenta en el redondeo de la nota final de la asignatura.
- Se entenderá como actitud negativa la falta de trabajo en clase así como cualquier acto que conlleve dificultar el normal desarrollo de las clases o el trabajo de sus compañeros.

Como **herramienta de evaluación**, se utilizará una lista de registro para recoger las calificaciones de las actividades.

Se recomienda utilizar un sistema de gestión como la aplicación *idoceo*, desarrollada para tal efecto que permite, además de llevar un registro de calificaciones, realizar listas de alumnos, llevar un diario, hacer un plano de la clase, etc.

Además, como se trata de un proceso de **evaluación continua**, si se detecta que el progreso de un alumno no es el adecuado, el profesor adoptará las medidas de refuerzo que considere oportunas, así como la adaptación curricular en caso de ser necesaria para ayudarle a superar esas dificultades.

Estas medidas se adoptarán en cualquier momento del curso, tan pronto como se detecten las dificultades, y estarán dirigidas a garantizar la adquisición de los aprendizajes básicos para continuar el proceso educativo.

#### 4.2.9. Atención a la diversidad

Las medidas de atención a la diversidad tenderán a alcanzar los objetivos y las competencias establecidas para Bachillerato y se regirán por los principios de calidad, equidad e igualdad de oportunidades, normalización, integración e inclusión escolar, igualdad entre mujeres y hombres, no discriminación, flexibilidad, accesibilidad y diseño universal y cooperación de la comunidad educativa.

En el caso de que existan ACNEE<sup>5</sup> y/o ACNEAE<sup>6</sup> en el grupo de referencia, se valorará la puesta en práctica de las adaptaciones curriculares de carácter metodológico que sean necesarias.

Como se ha mencionado en el apartado 4.2.4. (*Metodología*), las clases se llevarán a cabo con una metodología inclusiva, que tenga como objetivo no dejar a nadie atrás.

Para ello se seguirán las siguientes pautas:

- Estructurar la lección de una forma coherente y reconocible, para evitar que los alumnos se pierdan durante las explicaciones.
- Alternar explicaciones con esquemas, proyectados o escritos en la pizarra, y dedicar unos minutos a repasarlos con los alumnos realizando un seguimiento individual de los cuadernos.
- Utilizar las habilidades docentes básicas como la interacción visual, la velocidad moderada de explicación, las llamadas de atención o el uso de dinámicas pregunta-respuesta, para mantener la actividad y atención de los alumnos.
- Planteamiento de las actividades con diferentes niveles de ejecución. Además se tendrán en cuenta los límites de tiempo para los que necesitan algo más y se reforzará positivamente el esfuerzo.

Los grupos de trabajo en el marco del ABP, los realizará el profesor y estarán previamente planificados para que existan apoyos entre los compañeros en el caso de existir dificultades específicas.

Por último, si fuera necesario, se podría recurrir al “alumno tutor”, que se trata de un compañero de referencia para el alumno que presenta dificultades en el aprendizaje que le ofrece apoyo o ayuda de forma puntual cuando se manifiesten dichas dificultades.

Todo esto, en definitiva, significa introducir en el aula una dinámica en la cual el alumno se sienta cómodo, comprometido con su proceso de aprendizaje y motivado (no descolgado, desinteresado o ajeno), además de tener como objetivo último la normalización de la diversidad del alumnado, en la que no se busquen herramientas para ayudar sólo a unos pocos sino que todos puedan beneficiarse.

---

<sup>5</sup> ACNEE: Alumno Con Necesidades Educativas Especiales

<sup>6</sup> ACNEAE: Alumno Con Necesidad Específica de Apoyo Educativo

#### 4.2.10. Temporalización

Se destinará al desarrollo de la unidad didáctica un total de 6 horas lectivas (3 semanas de clase), y la planificación se realizará de acuerdo a lo recogido en la *Tabla 7*.

Desarrollo	horas	clases
Teoría: 1. El ADN, su composición y estructura. La relación entre el material genético y la herencia. Actividades control de preguntas y respuestas.	1	1
Teoría: 2. La biotecnología y la ingeniería genética: manipulación de los genes. Actividades control de preguntas y respuestas.	1	1
Actividades: A.1. <i>Mind map</i> A.2. La transposición genética	1	1
A.3. Exposición de los proyectos Teoría 3. Las técnicas más importantes empleadas en biotecnología, sus principales aplicaciones y los aspectos éticos relacionados.	2	2
E.1. Actividad de evaluación. Análisis crítico.	1	1
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

**Tabla 7:** Temporalización para el desarrollo de la unidad didáctica.

Con respecto a la actividad A.3., los alumnos serán informados antes de comenzar la unidad didáctica del proyecto que deberán realizar, y se fijará una fecha para la exposición de cada grupo con el suficiente tiempo de antelación para que preparen el trabajo.

Los archivos de audio se entregarán y escucharán el día de la exposición del trabajo.

Igualmente, para la actividad E.1., se les indicará al inicio de la unidad cómo se va a desarrollar la metodología de clase invertida, para que ellos tengan en cuenta que el contenido explicado por sus compañeros será el que les entre en la prueba de evaluación. Igualmente, se les indicará que el contenido de esta prueba será un ensayo de opinión basado en el análisis crítico de las aplicaciones de la biotecnología, para que los estudiantes presten especial atención a los análisis de los diferentes puntos de vista.

## 5. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo se ha puesto de manifiesto la importancia de la biotecnología y sus aplicaciones en la sociedad y en la vida diaria.

El enfoque del trabajo ha tenido como prioridad evidenciar la necesidad de estar informado así como la importancia de analizar los diferentes puntos de vista existentes sobre el tema trabajado para construir una opinión crítica que permita a los educandos participar activamente y con criterio en los debates que puedan generarse en el seno de la opinión pública.

Se ha identificado como marco idóneo para el desarrollo del tema relacionado con la biotecnología y sus aplicaciones en el aula la asignatura Cultura Científica para el curso 1º de Bachillerato en relación a los conocimientos previos del alumnado y a los contenidos del posterior curso. Este contexto se adapta perfectamente a la madurez intelectual del alumno para esa etapa y al enfoque social del contexto de la asignatura.

Se ha realizado una recogida de información que ha permitido conocer, a grandes rasgos, los conocimientos previos de los alumnos de 4º de E.S.O. con respecto a la temática del trabajo, que presentan una opinión en relación al tema y que, en su mayoría, querrían ampliar los conocimientos en la materia. Todo ello ha permitido también establecer una base sobre la que desarrollar una propuesta didáctica en la línea de sus opiniones e intereses.

Se ha desarrollado una programación didáctica completa, basada en los contenidos de la legislación actual vigente, y que contempla la pluralidad en la opinión pública en materia de biotecnología y de sus aplicaciones.

Se han utilizado metodologías y recursos didácticos buscando la motivación del alumno para mantener o aumentar su interés por el tema.

También se ha dotado a los estudiantes de herramientas que les permitan desarrollar sus competencias básicas, conformando con todo ello una educación consistente que contribuye también al desarrollo de su madurez intelectual y humana.

En el presente trabajo se ha tenido en cuenta la diversidad en su más amplio sentido, reflejada en la variedad de los contenidos, recursos y metodologías propuestas para atender a la diversidad del propio alumnado de la clase que a su vez es reflejo la pluralidad existente en la sociedad, tanto en perfiles como en corrientes de pensamiento, opiniones e intereses.

Por último, se ha realizado una propuesta didáctica que pone el acento en la necesidad de generar una cultura científica que busque la alfabetización en Ciencia y que contribuya a su desarrollo y divulgación.

Para ello, se ha propuesto una oportunidad para contribuir al debate informado de la sociedad, traspasando las barreras del aula y accediendo al entorno más cercano del alumno, haciéndole además protagonista de la divulgación de su propio trabajo y consiguiendo el objetivo de contribuir a incorporarse a la vida activa en la sociedad con responsabilidad, sensibilidad y competencia.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### a. Referencias

- Artículos
  - Nevado, R., (2001). Aspectos bioéticos de los alimentos transgénicos. Revista Calidad Asistencial, 16, 752-757.
  - Taguenca, J.A., (2008). La opinión de los españoles ante las nuevas biotecnologías. Revista Papers, 88, 31-44.
  - Enrique C., Cabo J.M, Cortiñas J.R., (2007). La presencia de la Biotecnología dentro y fuera de la escuela. Primeros resultados de un estudio diagnóstico. Publicaciones. Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla, 37, 89-108.
- Libros
  - Muñoz, Emilio, (2001), Biotecnología y sociedad encuentros y desencuentros, Madrid, España, Cambridge University Press.
  - Rifkin, Jeremy, (2009), El siglo de la biotecnología: el comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz, Madrid, España, Paidós.
  - Martín Bravo, Carlos, Navarro Guzmán, José I., (2011), Psicología para el profesorado de Educación Secundaria y Bachillerato, Madrid, España, Pirámide.
  - Pinchado Gómez, Rocío, (2008), Ciencias para el mundo contemporáneo. 1 Bachillerato, Madrid, España, Santillana.
- Trabajos fin de máster
  - Serrano, Sofía, (2016). Biotecnología y sociedad, (Trabajo Fin de Máster). Universidad de Valladolid. Valladolid.

## b. Webgrafía

- Noticias de actualidad
  - Ingeniería genética
    - 01/06/2017 - Prensa  
[http://www.abc.es/salud/enfermedades/abci-demostrada-eficacia-y-seguridad-terapia-genica-para-tratar-degeneracion-macular-201706011440\\_noticia.html](http://www.abc.es/salud/enfermedades/abci-demostrada-eficacia-y-seguridad-terapia-genica-para-tratar-degeneracion-macular-201706011440_noticia.html)
    - 03/06/2017 - Radio  
[http://www.ondacero.es/noticias/mundo/investigan-tratamiento-que-podria-acabar-todas-alergias\\_201706035932cc680cf263918456ce89.html](http://www.ondacero.es/noticias/mundo/investigan-tratamiento-que-podria-acabar-todas-alergias_201706035932cc680cf263918456ce89.html)
  - Clonación
    - 31/05/2017 - Prensa  
[http://internacional.elpais.com/internacional/2017/05/31/mexico/1496204591\\_724055.html](http://internacional.elpais.com/internacional/2017/05/31/mexico/1496204591_724055.html)
    - 14/12/2016 – Prensa  
[http://internacional.elpais.com/internacional/2016/12/13/argentina/1481656040\\_180257.html](http://internacional.elpais.com/internacional/2016/12/13/argentina/1481656040_180257.html)
    - 12/10/2016 - Radio  
<http://www.rtve.es/alcarta/audios/la-ley-es-la-ley/1023-ley-ley-1118-121016-derechos-prohibiciones-sobre-biomedicina-biotecnologia-2016-10-12t11-39-25650/3754180/>
  - Terapia génica y células madre
    - 22/05/2017 - Prensa  
<http://www.20minutos.es/noticia/3043252/0/metodo-terapia-genica-celulas-madre-ayuda-reconstruir-huesos-rotos-puede-reemplazar-injertos-oseo/>
  - Transgénicos
    - 01/07/2016 – Televisión  
<http://www.rtve.es/alcarta/videos/telediario/mas-cien-premios-nobel-acusan-greenpeace-crmenes-contra-humanidad-su-no-transgenicos/3651488/>

- 17/04/2017 – Radio

<http://www.rtve.es/alcanta/audios/el-laboratorio-de-jal/laboratorio-jal-transgenicos-contra-cancer-17-04-17/3982765/>

### c. Recursos didácticos

- Plataforma Khan academy

<https://es.khanacademy.org/>

- Plataforma blogger

[https://www.blogger.com/about/?r=1-null\\_user](https://www.blogger.com/about/?r=1-null_user)

- Aplicación de gestión idoceo

<http://www.idoceo.es/index.php/es/>

- Películas

- Molen, G.R., Kennedy K. (productores), Spielberg, S. (director). (1993). Jurassic Park. Estados Unidos: Universal Pictures.
- Garland A., Macdonald, A., Reich, A. (productores) Romanek, M. (director). (2010). Never let me go. Reino Unido: DNA Films.

- Series

- Burk, B., Kurtzman, A., Orci, R., Wyman, J.H., Pinkner, J., Chappelle J. (productores), Abrams, J.J. (director). (2008). Fringe. Estados Unidos: Bad Robot Productions, Warner Bros. Television.

- Televisión

- Estupinya, P., Balagué, R., Peláez, M., (productores). (2016). El cazador de cerebros [Programa de televisión]. España: la 2 rne, Minifilms.

- ¿Querrías saber tu destino genético?

<http://www.rtve.es/alcanta/videos/el-cazador-de-cerebros/cazador-cerebros-cap-9-s/3787930/>

- El futuro de la medicina

<http://www.rtve.es/alcanta/videos/el-cazador-de-cerebros/cazador-cerebros-cap-1-sd/3716178/>

- Radio
  - Seara Valero, M. (director). (2017). A hombros de gigantes. [Programa de radio]. España: rne.
    - Del óvulo fecundado al individuo: el enigma de la vida
 

<http://www.rtve.es/alcarta/audios/a-hombros-de-gigantes/hombros-gigantes-del-ovulo-fecundado-individuo-enigma-vida-12-06-17/4061318/>
  - López Guerrero, J.A., (director). (2015). El laboratorio de Jal. [Programa de radio]. España: rne.
    - Las células madre de Silicon Valley
 

<http://www.rtve.es/alcarta/audios/el-laboratorio-de-jal/laboratorio-jal-celulas-madre-silicon-valley-05-10-15/3311345/>
    - Bacterias contra el cáncer de vejiga
 

<http://www.rtve.es/alcarta/audios/el-laboratorio-de-jal/laboratorio-jal-bacterias-contra-cancer-vejiga-24-05-17/4034485/>
    - Se abre el melón de la reprogramación celular
 

<http://www.rtve.es/alcarta/audios/el-laboratorio-de-jal/laboratorio-jal-se-abre-melon-reprogramacion-celular-19-05-17/4025848/>
    - Transgénicos contra el cáncer
 

<http://www.rtve.es/alcarta/audios/el-laboratorio-de-jal/laboratorio-jal-transgenicos-contra-cancer-17-04-17/3982765/#aHR0cDovL3d3dy5ydHZILmVzL2FsYWVhcnRhL2ludGVybm8vY29udGVudHRhYmxlLnNodG1sP3BicT0yJm9yZGVyQ3JpdGVyaWE9REVTQyZtb2RsPVRPQyZsb2NhGU9ZXMmcGFnZVNpemU9MTUmY3R4PTgxODMwJmFkdINIYXJjaE9wZW49ZmFsc2U=>
- Novela
  - Pérez Gellida, César, (2015), Khimera, Madrid, España, Suma.
- Música
  - Macaco. (2015). Semillas. En Historias tattooadas. [disco]. Madrid: Ariola Records.

- Artículos de divulgación
  - Hayes, E. (2017). La ética de la genética. Science in school. 38.  
<http://www.scienceinschool.org/es/content/la-%C3%A9tica-de-la-gen%C3%A9tica>
  - Greenpeace España. (2017). Agricultura y transgénicos. Greenpeace.  
<http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Transgenicos/>
  - Solé, Ricard V., Montañez, R., Duran-Nebreda, S. (2016). Hacia una bioingeniería del planeta. Investigación y ciencia. 477.  
<http://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-cuerpo-contra-el-cncer-672/hacia-una-bioingeniera-del-planeta-14248>

#### **d. Legislación**

- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 3 de enero de 2015, núm. 3, pp. 169-546.
- Orden Educativa 363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León. Boletín Oficial de Castilla y León. Castilla y León, 8 de mayo de 2015, núm. 86, pp. 32051- 32480.
- Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 24 de noviembre de 1995, núm. 281, pp. páginas 33987-34058.
- Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea. Diario Oficial de la Unión Europea. Luxemburgo, 30 de marzo de 2010, núm. 83, pp. 389 – 403.



## ANEXO

**EL RESULTADO DE ESTA ENCUESTA ES TOTALMENTE ANÓNIMO.**

**POR FAVOR, NO PONGAS TU NOMBRE.**

**INDICA CON UNA CRUZ LA RESPUESTA QUE QUIERAS MARCAR**

**1. En tu opinión, ¿cuáles de los siguientes campos y/o productos consideras que están directamente relacionados con la biotecnología? (Marca todas las opciones que consideres)**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Biocombustibles                                   | <input type="checkbox"/> Medicina forense   |
| <input type="checkbox"/> Obtención de organismos genéticamente modificados | <input type="checkbox"/> Biorremediación  |
| <input type="checkbox"/> Materiales biodegradables                         | <input type="checkbox"/> Clonación  |
| <input type="checkbox"/> Terapia génica                                    | <input type="checkbox"/> Depuración de aguas  |
| <input type="checkbox"/> Producción animal                                 | <input type="checkbox"/> Nuevos fármacos y vacunas                                    |
| <input type="checkbox"/> Recuperación de especies en peligro de extinción  | <input type="checkbox"/> Producción de alimentos fermentados (vino, pan, queso, etc.) |

**2. El ser humano ha utilizado los seres vivos en su propio beneficio desde hace mucho tiempo, por ejemplo, utiliza levaduras para producir cerveza.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**3. La biotecnología sólo está relacionada con la investigación médica porque sirve para diseñar nuevos medicamentos y vacunas.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**4. La terapia génica es una buena opción para curar enfermedades hereditarias, como el cáncer.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**5. No se deberían introducir o modificar genes del ADN de los seres humanos.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**6. La ingeniería genética es beneficiosa si se aplica a microorganismos para producir alimentos o medicamentos.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**7. Considero que es una buena idea clonar animales o plantas, para que aumente la producción agrícola y ganadera.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**8. Considero que es una buena idea clonar seres humanos con fines terapéuticos o de investigación.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**9. La obtención de biocombustibles como el biodiésel o el biogás, no tiene nada que ver con la biotecnología.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**10. Consumiría alimentos transgénicos.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**11. Se podrían utilizar alimentos transgénicos para solucionar problemas como el hambre en países no desarrollados.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**12. Se podrían utilizar microorganismos o plantas modificados genéticamente para recuperar suelos contaminados.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**13. La biotecnología no se puede aplicar a la protección del medio ambiente.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**14. La depuración de aguas residuales es un proceso biotecnológico, porque se utilizan microorganismos para depurar el agua contaminada.**

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo
- No sabe / No contesta

**15. Selecciona la respuesta que más se aproxime a tu opinión con respecto a la biotecnología.**

- Estoy a favor de que la Ciencia avance en el campo de la biotecnología, y que la sociedad obtenga beneficio de otros organismos vivos.
- No estoy a favor de la biotecnología, creo que sus aplicaciones pueden suponer riesgos, sobre todo para la salud humana y el medio ambiente.
- No tengo una opinión definida al respecto.

**16. Selecciona la respuesta que más se aproxime a tu interés en el campo de la biotecnología**

- Me interesa el tema, me gustaría conocer más sobre la biotecnología y sus aplicaciones en la vida de las personas.
- No me interesa el tema en absoluto, no me resulta relevante.
- El tema me es indiferente.