



---

**Universidad de Valladolid**

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



## TRABAJO FIN DE MÁSTER BIOTECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Autora: Sara Valcuende Díaz  
Tutor: Dr. Francisco Javier Arias Vallejo  
Universidad de Valladolid, junio 2019

**Índice**

RESUMEN.....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. Los comienzos de la biotecnología.....	3
1.2. La biotecnología en las aulas.....	4
2. OBJETIVOS.....	6
3. MARCO TEÓRICO.....	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	10
5. METODOLOGÍA .....	11
5.1. Encuesta a alumnos de distintos niveles.....	11
5.2. Propuesta didáctica .....	20
I. Introducción.....	23
II. Objetivos didácticos y competencias clave.....	23
III. Contenidos .....	25
IV. Relación entre objetivos, competencias básicas, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables .....	26
V. Metodología .....	27
VI. Resumen de actividades .....	27
VII. Atención a la diversidad.....	31
VIII. Espacios y recursos .....	31
IX. Evaluación.....	32
6. CONCLUSIONES .....	35
7. BIBLIOGRAFÍA.....	37
8. ANEXOS.....	40

## **RESUMEN**

El presente trabajo se ajusta al currículo de la asignatura de Cultura Científica de 1º de bachillerato mediante el análisis de conocimientos previos y el diseño de una unidad didáctica en consonancia con los resultados obtenidos.

La encuesta se ha realizado en tres cursos de niveles distintos para apreciar las diferencias existentes entre alumnos que han cursado Biología y Geología o Cultura Científica y los que no.

La unidad didáctica propuesta pretende poner de manifiesto la importancia de la biotecnología como ciencia emergente, a través de distintas actividades, principalmente de laboratorio, mediante las cuales los alumnos puedan conformar un pensamiento crítico y una mejora de la comprensión de las técnicas, aplicaciones y avances que esta ciencia nos proporciona.

**Palabras clave:** biotecnología, ingeniería genética, transgénicos, cultura científica, bachillerato.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Los comienzos de la biotecnología

La biotecnología, fundamentalmente, se trata de una disciplina que comprende el diseño, desarrollo y modificación de entidades biológicas, bien organismos vivos o estructuras biológicas más o menos complejas, con el fin de utilizarlos en diversas fases de producción (Arroyo G., 2011). Se ha considerado como una de las últimas y más grandes innovaciones del siglo XX. Sin embargo, es un nuevo nombre para procesos que tienen su raíces en la antigüedad.

Hace miles de años que la humanidad aprendió a producir vino, quesos y pan por medio de la fermentación (Morones R, 2010). Proceso que culminó con el descubrimiento de los microorganismo causantes del mismo por parte de Luis Pasteur. Se convirtió en una potente industria a comienzos del siglo XX, la cual en los años 30 se desarrolló como uso comercial.

Ya a comienzos de los años 50, la fermentación se convirtió en la principal base de producción de la industria farmacéutica. Desde entonces y hasta la década de los 80, el desarrollo biotecnológico ha sido fruto de la hibridación entre ciencia, empresa, Estado y sociedad, multiplicándose los recursos económicos destinados a la I+D. Con el auge de la Biología Molecular y la revolución de la Ingeniería Genética, la Biotecnología, ya estando establecida como disciplina, comenzó a desarrollarse aceleradamente a partir de 1973, año del primer organismo transgénico (Johnson G., 1996; Krauzer & Massey, 2001).

En la última década, si bien los avances biotecnológicos han seguido apareciendo exponencialmente, es cierto que no todos los avances obtenidos han sido tan decisivos como se prometían en un principio y la proporción de resultados frente a la expectativa han sido más bien modestos (Bellver-capella V., 2012), lo que contribuye a un agitado debate por el impacto que puede tener las aplicaciones biotecnológicas en el ambiente, la producción agrícola y el control de enfermedades, además de las discusiones de tipo bioético si se tienen en cuenta las connotaciones que tiene volver a los seres vivos objetos de explotación económica (Hernández M., 2008; Acosta R., 2012).

Las repercusiones de este debate han llegado a todos los ámbitos de la sociedad hasta el punto que ciertos avances biotecnológicos son orientados por la legislación vigente (Sánchez JM., 2011). Si bien es cierto que aunque, actualmente, la sociedad está en continuo contacto con la biotecnología así como al acceso a la información, se desconoce la importancia que supone esta ciencia.

La Sociedad Española de Biotecnología debido a la creciente demanda social por información transparente, rigurosa y veraz, ha puesto en marcha la iniciativa de editar unos cuadernos informativos sobre biotecnología y sus diversas aplicaciones (SEB, 2000).

Después de esto, podemos decir que la biotecnología es una ciencia relativamente reciente. Aunque sus inicios datan de hace miles de años, su desarrollo ha aumentado de forma exponencial en las últimas décadas (Bellver-capella V., 2012).

## **1.2. La biotecnología en las aulas**

La educación en biotecnología se ha convertido en un punto central para el crecimiento y mantenimiento de esta ciencia, como indican algunos autores (Jenkins R, 1998; Moses V, 2003; Occelli *et al*, 2011) además de que muchos países han podido observar un punto de anclaje de sus economías, sobre todo los que cuentan con avances científicos significativos, tanto en las investigaciones como en la educación en biotecnología (Firdaus-Raih, 2005).

Los alumnos en general y los adolescentes en particular, se muestran desinteresados por la ciencia, pero la alfabetización científica no pretende formar a los alumnos para el estudio de las ciencias, sino para desarrollar en ellos un pensamiento crítico con capacidad de participar y decidir en asuntos de ciencia y/o cultura científica (Acevedo J, 2017).

En los últimos años, las reformas curriculares de nuestro país han incorporado los contenidos de biotecnología tanto a nivel de secundaria como bachillerato. Sin embargo, este encuentro con la biotecnología no responde a caprichos de quienes diseñan el currículo, solo basta analizar la prensa para encontrarse con titulares que hacen referencia a desarrollos biotecnológicos.

La asignatura de Cultura Científica es de carácter optativo, según la LOMCE, como se muestra en el punto denominado Marco Teórico. Esto hace que no todo el alumnado curse dicha asignatura porque depende del itinerario escogido por las preferencias de cada uno. Sin embargo, se considera la asignatura más adecuada para abordar una visión más amplia de la biotecnología.

Los libros de texto han sido objeto de investigaciones desde diversas perspectivas produciendo gran dispersión de conocimiento sobre las características de estos materiales y de su impacto en la enseñanza de las ciencias (Occelli *et al*. 2013) y, en concreto de la biotecnología, lo que nos hace preguntarnos cómo enseñar biotecnología de forma que los alumnos sepan resumir la información, realizar actividades de comparación y contrastación. El docente debe

plantear actividades que motiven al alumnado a la vez que les proporcionan experimentos o demostraciones que favorezcan el aprendizaje (Ocelli M., 2013)

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es poner de manifiesto la importancia de las ciencias, en concreto, de la biología y de la biotecnología a través de la asignatura Cultura Científica en el curso de primero de bachillerato.

Los objetivos específicos los podemos dividir en:

- Analizar el nivel de conocimientos previos sobre distintos conceptos de biotecnología a través de una encuesta realizada en tres cursos distintos.
- Establecer una propuesta educativa que incluya los conceptos que más dificultades originan en los alumnos a través de una Unidad Didáctica sobre Biotecnología e Ingeniería Genética.

### 3. MARCO TEÓRICO

Analizando el marco normativo vigente, en 4º de ESO de Biología y Geología ya aparece la ingeniería genética, la biotecnología y la bioética en el bloque 1. Se estudian aspectos básicos de genética mendeliana y técnicas y aplicaciones de biotecnología e Ingeniería Genética. Esto hace que se pueda plantear la propuesta didáctica en este curso, aunque siendo la primera vez que se abordan estos temas no es lo más conveniente.

En el currículo de 4º de ESO en la asignatura de Cultura Científica no se hace referencia a este contenido a pesar de que se establece como la base de conocimientos sobre temas generales como los avances tecnológicos, la salud, la calidad de vida y los nuevos materiales.

Si nos referimos al curso de 1º de bachillerato, en la asignatura de Biología y Geología tampoco aparecen conceptos como la biotecnología o a ingeniería genética. Sin embargo, sí aparece en el bloque 4 de Cultura Científica como se muestra a continuación:

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<b>Bloque 4. La revolución genética</b>		
Hechos históricos importantes en el estudio de la genética. El ADN, composición química y estructura. Transmisión de información genética del ADN. Biotecnología. Técnicas utilizadas. Tecnología del ADN recombinante. Aplicaciones	1. Reconocer los hechos históricos más relevantes para el estudio de la genética 2. Obtener, seleccionar y valorar informaciones sobre el ADN, el código genético, la ingeniería genética y sus aplicaciones médicas.	Conocer y explica el desarrollo histórico de los estudios llevados a cabo dentro del campo de la genética. Sabe ubicar la información genética que posee todo ser vivo, estableciendo la relación jerárquica entre las distintas estructuras, desde el nucleótido hasta los genes responsables de la herencia.



<p>Técnicas de ingeniería genética. Aplicaciones. Animales transgénicos. Plantas transgénicas. Terapia génica. Clonación. Tipos. Células madre. Aplicaciones. La reproducción sexual humana. La reproducción asistida. Técnicas. El genoma humano. El Proyecto Genoma Humano. HapMap y Encode.</p>	<p>3. Conocer los proyectos que se desarrollan actualmente como consecuencia de descifrar el genoma humano, tales como HapMap y Encode.</p> <p>4. Evaluar las aplicaciones de la ingeniería genética en la obtención de fármacos, transgénicos y terapias génicas.</p> <p>5. Valorar las repercusiones sociales de la reproducción asistida, la selección y conservación de embriones.</p> <p>6. Analizar los posibles usos de la clonación</p> <p>7. Establecer el método de obtención de los distintos tipos de células madre, así como su potencialidad para generar tejidos, órganos e incluso organismos completos.</p>	<p>Conoce y explica la forma en que se codifica la información genética en el ADN, justificando la necesidad de obtener el genoma completo de un individuo y descifrar su significado.</p> <p>Analiza las aplicaciones de la ingeniería genética en la obtención de fármacos, transgénicos y terapias génicas.</p> <p>Establece las repercusiones sociales y económicas de la reproducción asistida, la selección y conservación de embriones.</p> <p>Describe y analiza las posibilidades que ofrece la clonación en diferentes campos.</p> <p>Reconoce los diferentes tipos de células madre en función de su procedencia y capacidad generativa, estableciendo en cada caso las aplicaciones principales.</p>
--	--	--

Riesgos de la biotecnología. Aspectos éticos.	8. Identificar algunos problemas sociales y dilemas morales debidos a la aplicación de la genética: obtención de transgénicos, reproducción asistida y clonación.	Valora, de forma crítica, los avances científicos relacionados con la genética, sus usos y consecuencias médicas y sociales.  Explica las ventajas e inconvenientes de los alimentos transgénicos, razonando la conveniencia o no de su uso.
---	---	--

En vista de este breve análisis del currículo, el curso más viable para desarrollar la propuesta didáctica es 1º de bachillerato en la asignatura Cultura Científica.

Además, podemos destacar que en el currículo de 2º de bachillerato, en la asignatura de Biología también se hace referencia a estos contenidos en el bloque 3: La ingeniería genética, organismos modificados genéticamente, proyecto genoma, genética mendeliana, etc... Sin embargo, no se considera conveniente proponer este trabajo para dicho curso debido al tiempo limitado y completamente programado con el que se cuenta para la preparación de las pruebas de acceso a la Universidad.

Sin excluir estos contenidos, es interesante añadir el desafío que supone explicar cómo la biotecnología interviene en resolver los problemas tales como la producción de alimentos, el cambio climático, el uso responsable de recursos y el cuidado del medioambiente. Por otra parte, la posibilidad de establecer relaciones entre ciencia básica y aplicaciones tecnológicas, puede proporcionar al alumno un aprendizaje significativo y conocimientos útiles para conocer mejor ciertos productos de consumo diario y los procesos involucrados en su fabricación.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Como se ha mencionado, el curso en el que se pretende desarrollar la Unidad Didáctica propuesta es 1º bachillerato, dentro de la asignatura Cultura Científica. Si bien es cierto que, los alumnos en esta etapa ya cuentan con conocimientos previos además de una capacidad de abstracción suficiente para fomentar el pensamiento crítico en el campo de la biotecnología y la ingeniería genética.

La decisión de realizar este Trabajo Fin de Máster radica en la poca importancia que, desde mi punto de vista como alumna, se le asignan a estas ciencias y en el anhelo del cambio. La percepción social de las distintas aplicaciones biotecnológicas es más bien cercana al miedo, fomentado más por el desconocimiento y la desinformación que por un análisis crítico de la situación tanto si hablamos de los temidos transgénicos como de clonación o de terapia génica. Aunque en este último punto podríamos encontrar distintas versiones, ya que toda investigación encaminada a temas de la salud, enfermedades o fármacos se entiende de forma distinta que las que estudian biocombustibles, bioremediación, cultivos o cualquier organismo modificado genéticamente (OMG).

Desde mi experiencia en laboratorios, la desinformación o, mejor dicho, la falta de información veraz, tiene sus orígenes en la Educación Secundaria. La Normativa no es lo suficientemente rígida en el aspecto de incluir el tema de la biotecnología e ingeniería genética en el currículo de asignaturas obligatorias y, es más, en las que sí está incluido aparece al final de la programación.

Si buscando en internet la palabra “transgénicos” obtenemos un listado de desdichas y calamidades que se les atribuyen, es las aulas desde donde tenemos que enseñar a elegir las fuentes que consultan y a tener la capacidad de juzgar lo que leen o lo que escuchan.

Con esta pretensión surge la posibilidad de realizar este trabajo: proponer estrategias, utilizar herramientas y desarrollar propuestas para facilitar el aprendizaje de la biotecnología y consolidar una opinión propia sobre sus aplicaciones.

## 5. METODOLOGÍA

La metodología que se pretende llevar a cabo consiste en una metodología basada en la investigación orientada de problemas relevantes. Una metodología que pretende desarrollar el currículo como un programa de tareas y actividades a través de las cuales puedan comprenderse y afianzarse distintos conocimientos y estrategias.

La investigación es de tipo proyectiva, la cual tiene como objetivo diseñar o crear una propuesta dirigida a resolver determinada situación (Hurtado, 1998). En este caso, centrándonos en cómo podría mejorar, en términos de necesidades y preferencias, la percepción de la realidad de la biotecnología y la ingeniería genética en los alumnos encuestados. Para ello se recoge la información, se analiza y se propone una unidad didáctica para solucionar los problemas observados.

De esta forma, se pretende lograr una alfabetización científica con el fin de capacitar a los alumnos para tomar decisiones sobre problemas relacionados con la ciencia, así como presentar una ciencia cotidiana en la que se conecta la teoría con la realidad existente.

### 5.1. Encuesta a alumnos de distintos niveles

A la hora de conocer qué saben los alumnos, la dificultad radica en cómo evaluar la efectividad del aprendizaje o de los contenidos asimilados por los alumnos teniendo en cuenta que, además, se han encontrado relación entre la motivación del alumnado a cursar una asignatura con el nivel y los estilos de enseñanza del profesor (Sáiz, Montero, Bol y Carbonero, 2012).

Whandersee *et al.* (1987) ya realizaron un estudio sobre las investigaciones realizadas en el campo de las concepciones del alumnado sobre diferentes temas de biología, siendo los procedimientos más utilizados las entrevistas junto con los cuestionarios de elección múltiple, abiertos o cerrados entre otros.

Así que para conocer y analizar el nivel de conocimientos previos de los alumnos se ha decidido utilizar una encuesta escrita, validada por las tutoras de cada una de las clases así como por dos alumnos que no pertenecían a las mismas. Esta técnica, poco costosa, permite llegar a un mayor número de participantes y facilita el análisis en comparación con una encuesta online o una entrevista personal.

La idea inicial se fundamenta en analizar las diferencias de conocimiento a través del cuestionario (Anexo I) entre tres cursos distintos: 3º de ESO donde los alumnos todavía no han recibido información sobre estos temas, 4º de ESO en el que los alumnos ya cuentan con as-

pectos relacionados con la genética básica, la biotecnología y la ingeniería genética en su currículo, todos ellos alumnos de Biología y Geología, y 1º de bachillerato, en este caso de ciencias, todos procedentes de 4º ESO (ByG). En total participaron 27 alumnos de 3º, 25 de 4º y 25 de 1º de bachillerato, de forma anónima.

Las encuestas se realizaron los días 27 de marzo de 2019 en el caso de los alumnos de 1º de bachillerato y 1 y 8 de abril para 3º y 4º respectivamente, en el Colegio Nuestra Señora del Pilar de Valladolid.

El cuestionario es solo una herramienta de obtención de datos. Los resultados, una vez analizados, tienen un doble objetivo, por un lado, descubrir los conceptos erróneos de los asistentes sobre conceptos básicos y por el otro, adecuar los contenidos (Méndez y Fernández, 2018) y su utilidad a la propuesta didáctica de ese trabajo.

La encuesta elegida consta de un total de 15 preguntas organizadas en 4 bloques fácilmente diferenciables:

- Bloque 1: formado por las preguntas 1, 3, 4, 5 y 6 consta de preguntas acerca de conceptos básicos de biología y genética.
- Bloque 2 está formado únicamente por la pregunta 2, y versa sobre su posición acerca de la aplicación de la ingeniería genética.
- Bloque 3: formado por las preguntas 7, 8 y 9 adentrándonos en transgénicos, células madre e ingeniería genética.
- Bloque 4: formado por las preguntas 10, 11, 12, 13, 14 y 15 que solo tratan sobre biotecnología, tanto tradicional como moderna.

Las dos primeras preguntas son abiertas o de respuesta libre. Esto permite dar respuestas más amplias y redactadas. Los alumnos deben contestar si han oído hablar alguna vez sobre los conceptos que se proponen y si están de acuerdo o no en la aplicación de la ingeniería genética (IG) en células de distintos organismos. La idea de comenzar con estas dos preguntas es que los alumnos están menos condicionados a contestar si no han visto el resto de preguntas. Así, aunque algunos no sepan lo que es la IG reflexionan acerca del concepto.

En el resto de la encuesta hay preguntas cerradas, diez de ellas dicotómicas, es decir de tipo verdadero/falso y tres de tipo test.

Comenzando con el análisis de los resultados, destacar que con respecto a la primera pregunta un total de 33 alumnos del total encuestados, es decir un 45'83%, no había oído hablar del concepto de "alelo" a lo largo de su etapa académica. Sin embargo, sí habían tratado los conceptos de gen, ADN y cromosoma en el colegio según sus respuestas lo que nos hace pensar

que no se profundiza demasiado en problemas de genética básica ni en 4º ni en 1º de bachillerato.

Con respecto a la segunda pregunta y tal y como se muestra en el gráfico 1, un elevado porcentaje de alumnos no contestó, lo que dificulta mucho el análisis. En cualquier caso, los que sí contestaron, tanto en 3º como en 4º de ESO, estaban a favor de utilizar la ingeniería genética en células de plantas, bacterias, células de animales, células humanas y embriones humanos, con alguna excepción:

- No están de acuerdo en la experimentación con células de animales, humanos y embriones (excepto si se realiza con fines médicos) aunque todos coinciden en realizarlo con plantas y bacterias.
- Esta negativa se debe, en varios casos, al “sufrimiento” de dichas células, en otros casos se oponen a la utilización en células humanas y embriones porque “no hay que modificarlos” o porque “no hay que clonarlos”, etc.
- Cabe destacar que 19 alumnos de los 77 encuestados está a favor porque ayuda a la investigación y evolución.

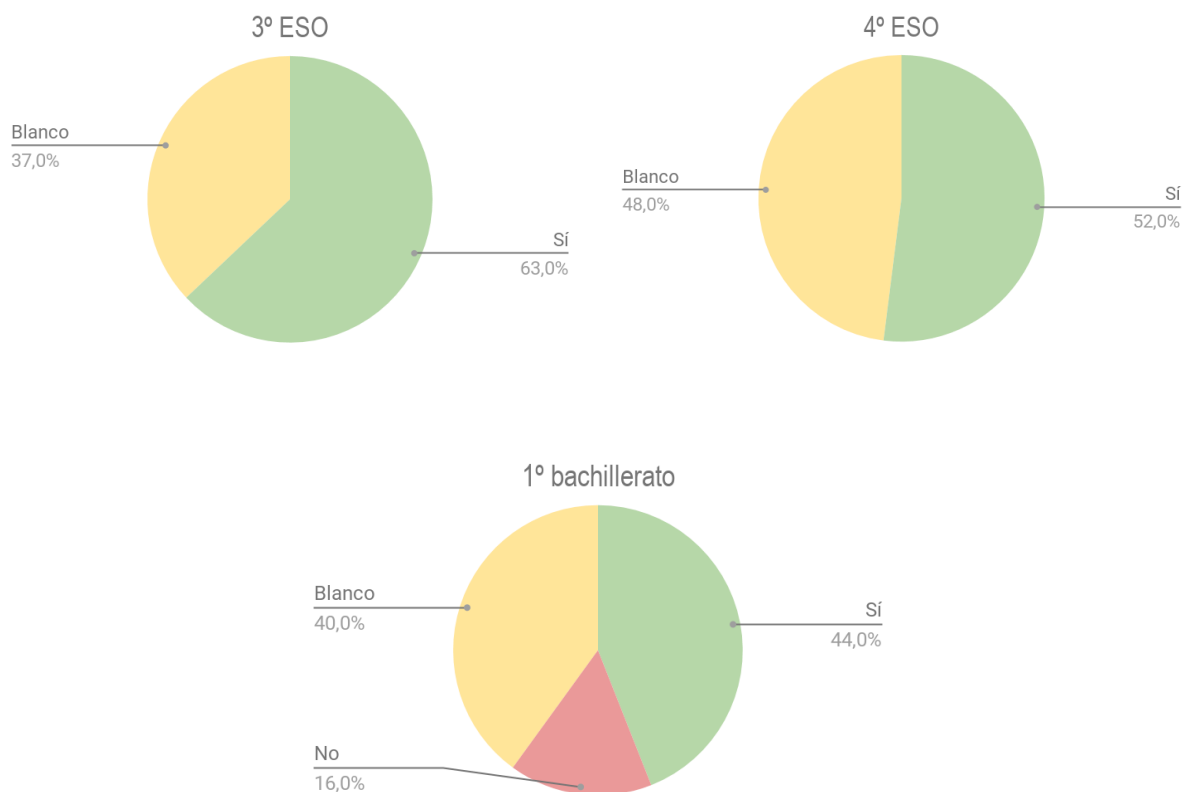


Gráfico 1. Porcentaje de alumnos de cada nivel que se posicionaron a favor, en contra o contestaron en blanco a la pregunta sobre la aplicación de la ingeniería genética.

### ❖ 3º ESO

Para continuar con el análisis, se muestran las gráficas donde se pueden observar los aciertos por bloques, comenzando por el curso de 3º de ESO.

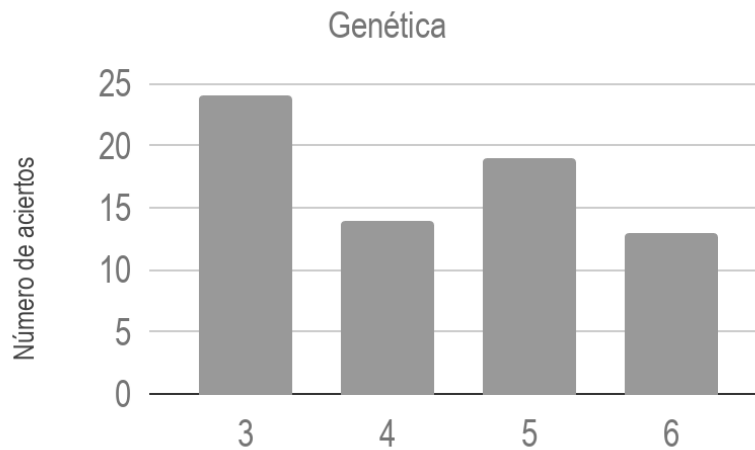


Gráfico 2. Número de aciertos frente a preguntas del primer bloque: biología y genética básica. 3º de ESO.

Como se puede observar en el gráfico 2, las preguntas menos acertadas han sido la 4 y la 6. La pregunta 4 hace referencia a la influencia del medio ambiente en la expresión génica, lo que nos hace pensar sobre las bases que tienen estos alumnos sobre genética y herencia.

Por otro lado, la pregunta 6 versa sobre el ADN en los seres humanos, que de la misma forma nos hace reflexionar sobre los conceptos básicos que puedan tener los alumnos en el curso en el que nos encontramos.

Si bien es cierto que hasta 4º de ESO no se introducen estos temas, esto nos puede dar una idea de los conocimientos previos con los que comienzan dicha etapa.

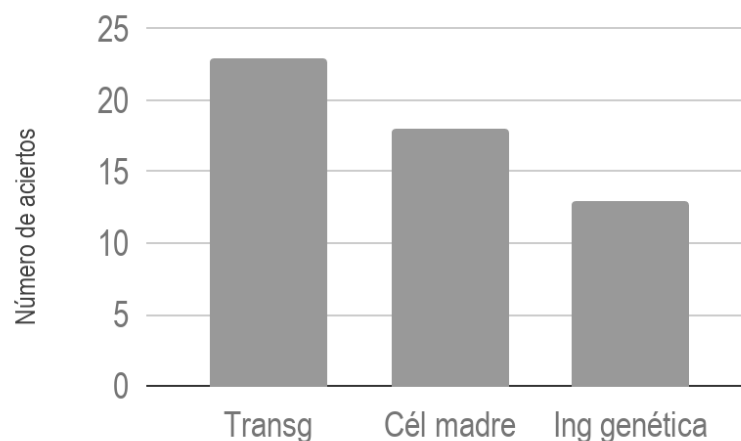


Gráfico 3. Número de aciertos frente a las tres preguntas que componen el tercer bloque en 3º de ESO.

De este gráfico número 3 podemos analizar la última pregunta sobre ingeniería genética:

- ¿Qué es la ingeniería genética?
  - Es el conjunto de técnicas de clonación, excluida la clonación humana
  - Una tecnología que permite modificar el genotipo de un organismo
  - Una tecnología que permite modificar genes de animales con fines industriales y económicos

Teniendo en cuenta que estos contenidos no se abordan hasta el final del curso siguiente o, incluso, bachillerato es normal que prácticamente la mitad de los alumnos (51,85%) no hayan contestado correctamente esta pregunta.

A continuación podemos observar el gráfico correspondiente a las preguntas sobre el bloque 4: biotecnología (gráfico 4). Son cuestiones de verdadero/falso, y llama la atención la primera pregunta: la biotecnología es una técnica utilizada a partir del siglo XX. Solo 10 alumnos han contestado correctamente esta pregunta, lo que nos hace reflexionar acerca del 62,96% de la clase que no sabe cuándo comenzó a usarse la biotecnología.

Además, podemos analizar la pregunta 11 y 12 de forma conjunta porque, como se puede observar en el gráfico, la pregunta 11 la han acertado 4 alumnos mientras que la 12 han sido la totalidad de los alumnos encuestados. Teniendo en cuenta que ambas preguntas versaban sobre la resistencia a plagas y que la única diferencia era si estábamos ante una biotecnología tradicional o moderna, nos hace pensar sobre los cimientos que tienen nuestros alumnos en conceptos básicos sobre biotecnología.

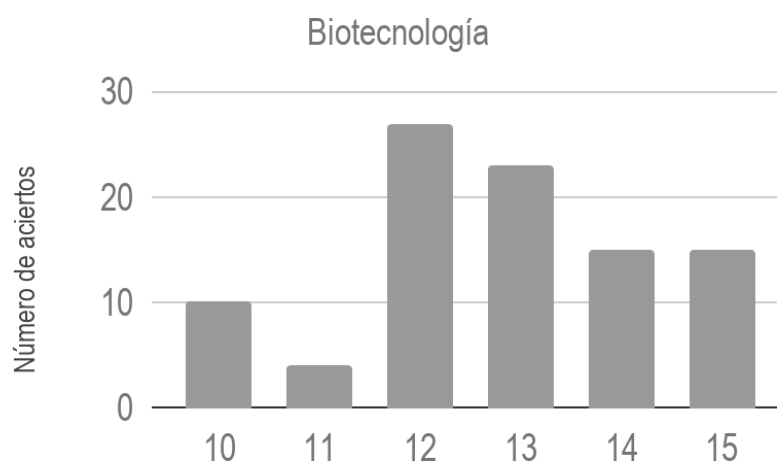




Gráfico 4. Número de aciertos frente a preguntas del bloque 4 en 3° de ESO.

Pregunta 11) La biotecnología **tradicional** puede conseguir especies más resistentes a plagas.  
(Verdadero)

Pregunta 12) La biotecnología **moderna** puede conseguir especies más resistentes a plagas.  
(Verdadero)

#### ❖ 4° ESO

Este punto del análisis se centra en las encuestas realizadas a 25 alumnos de 4° de ESO.

De la misma forma que en el curso anterior, con respecto al primer bloque (gráfico 5) cabe destacar el descenso de aciertos de la pregunta 6 (ADN) donde un 72% de los alumnos ha contestado mal. Además, no podemos pasar por alto que el 48% de los alumnos han fallado la pregunta 4 (influencia del medio ambiente), prácticamente el mismo porcentaje de 3° de ESO.

Esto nos hace pensar que, aunque en 4° ya se abordan conceptos relacionados con genética mendeliana e ingeniería genética, los alumnos no dominan estos aspectos.

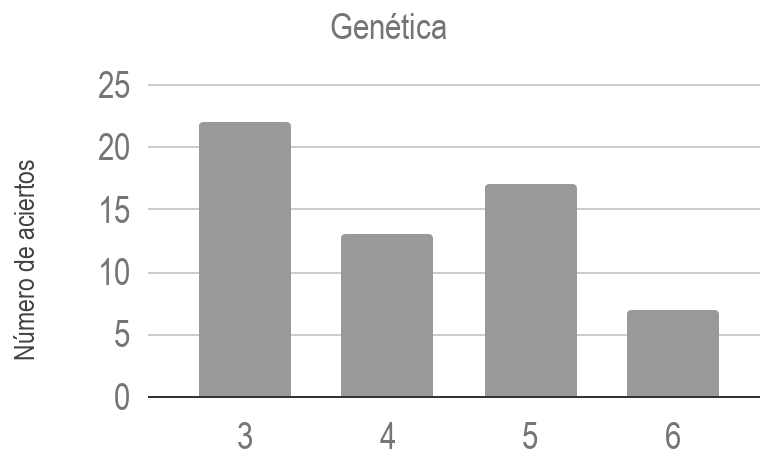


Gráfico 5. Número de aciertos frente a las cuatro preguntas del bloque 1. 4° de ESO.

A la hora de analizar el bloque 3 podemos observar que la pregunta más fallada sigue siendo la que hace referencia a la ingeniería genética (gráfico 6).

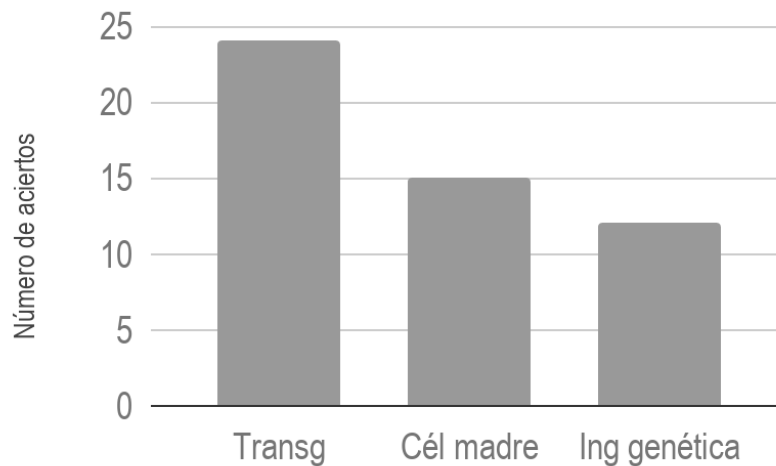


Gráfico 6. Número de aciertos en las preguntas del bloque 3. 4º de ESO.

En los contenidos que figuran en el currículo de Biología y Geología para cuarto curso según la ORDEN EDU/362/2015 aparecen los conceptos de Ingeniería genética: técnicas y aplicaciones. Aplicaciones en la agricultura, ganadería, medio ambiente y salud, pero que contrasta mucho con los datos obtenidos de las encuestas porque se han obtenido prácticamente los mismo resultados que con alumnos de 3º de ESO.

Con respecto al último bloque, el correspondiente a biotecnología en su totalidad, podemos observar en el gráfico 7 prácticamente la misma distribución que en el curso anterior, con algún añadido. De nuevo las dos preguntas más falladas son la 10 y la 11, sin embargo la 12 la han acertado 21 alumnos de 25, muy similar a lo que veíamos en 3º. Además, podemos destacar el elevado número de fallos de la pregunta 14 (9 aciertos, 16 fallos) que nos hace detenernos a comentarla.

La pregunta 14 expone “El **yogur** es un alimento que se obtiene por biotecnología” y en vistas de los resultados obtenidos o bien los alumnos no saben cómo se fabrica el yogur o, si lo saben, no consideran que la adición de microorganismos lácticos sea una técnica biotecnológica.

Esto contrasta enormemente con los resultados obtenidos en la pregunta 15 que formula “La producción de **cerveza** se consigue por técnicas de biotecnología tradicional” en la que un 60% de los alumnos han contestado correctamente. Esta comparación nos hace replantearnos sobre lo que entienden los alumnos sobre biotecnología, porque ambas preguntas están formuladas de manera muy similar, refiriéndose al mismo proceso y, prácticamente, con el mismo resultado.

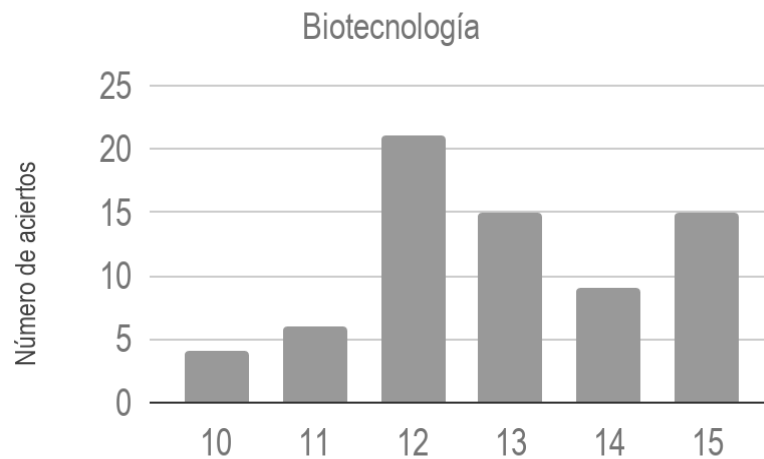


Gráfico 7. Número de aciertos frente a las preguntas del último bloque. 4º de ESO.

### ❖ **1º de bachillerato**

Por último, y refiriéndonos al curso de 1º de bachillerato, con 25 alumnos encuestados, se muestran las gráficas con los resultados.

Con respecto al primer bloque de preguntas, tal y como se muestra en el gráfico 8, encontramos la misma distribución de aciertos que en los casos anteriores. Las preguntas más falladas siguen siendo la 4 y la 6, aunque es esta última la que destaca por haber sido acertada por 7 alumnos, es decir un 28% de la clase.

El análisis que podemos realizar ante esta situación es que, ni siquiera después de haber cursado Biología y Geología en 4º de ESO tienen claros conceptos como ADN, expresión génica, genes... es decir, que nuestra metodología tiene que modificarse desde la base, consiguiendo que los alumnos tengan unos cimientos sólidos sobre biología y genética sobre los que poder construir conceptos de biotecnología, organismos modificados genéticamente, etc.

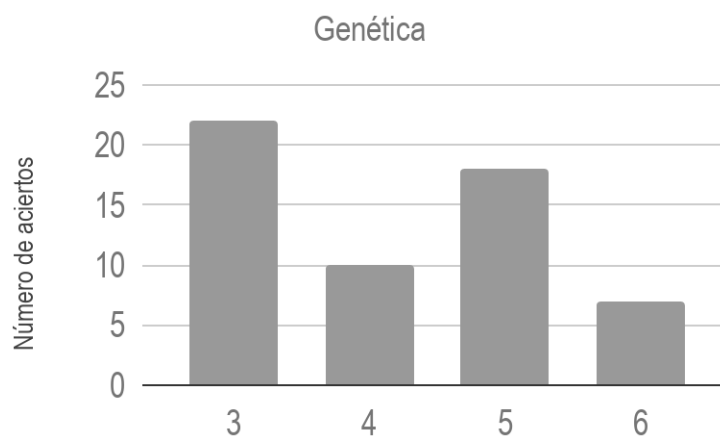


Gráfico 8. Número de aciertos en el primer bloque entre los alumnos de 1º de bachillerato.

Centrándonos en el bloque 3, los resultados obtenidos (gráfico 9) también se asemejan mucho a los de otros cursos. Sin embargo, la pregunta más fallada en 1º de bachillerato es la que hace referencia a células madre, por muy pocos puntos (células madre 14 aciertos frente a los 16 de ingeniería genética) lo que nos da pie a que la podamos analizar brevemente.

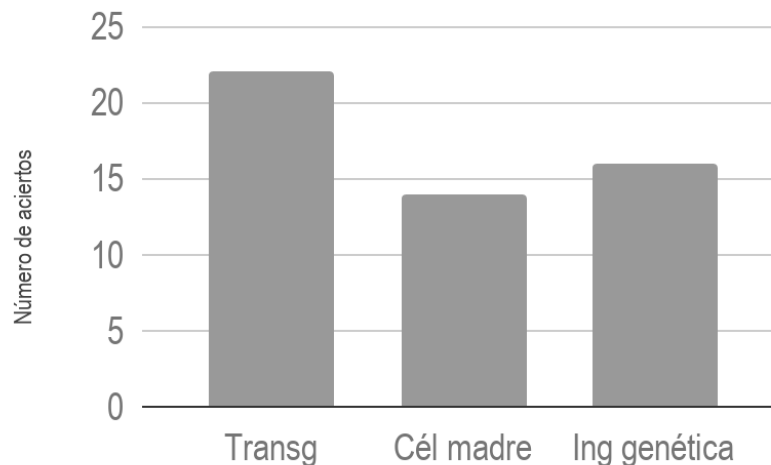


Gráfico 9. Número de aciertos frente en las preguntas del bloque 3 en 1º de bachillerato.

Pregunta 8: Indica cuál de las siguientes afirmaciones sobre las células madre es incorrecta:

- Permiten reconstruir tejidos u órganos dañados
- Se extraen exclusivamente de embriones
- Permiten generar nuevas células sin perder sus propiedades

Al observar que un 44% de los alumnos de este curso no saben contestar correctamente a esta pregunta, a pesar de que esté formulada en negativo y pueda resultar más confusa para ellos, nos hace reflexionar acerca de la importancia de este tipo de contenido en los cursos fundamentales de Biología y Geología, Cultura Científica o Anatomía Aplicada. En el currículo de este curso en la asignatura de Cultura Científica se hace referencia a las células madre y sus aplicaciones, si bien es cierto que la profesora no había llegado a esa parte del temario en la clase encuestada. Aun así, considero lo suficiente relevante este resultado, al comprobar que los alumnos no saben que con las células madre se pueden reconstruir tejidos u órganos y que permiten generar nuevas células sin perder sus propiedades, como para proponer un hincapié

incluso en cursos anteriores como parte de un proyecto de Departamento o alguna sesión de prácticas de laboratorio.

Finalmente, para las preguntas del último bloque solo contamos con 23 alumnos ya que 2 de ellos entregaron esta parte de la encuesta en blanco. Los resultados, como se puede comprobar en el gráfico 10, son preocupantes atendiendo a la “evolución” de cursos. La pregunta 10 ha sido contestada correctamente por 2 alumnos frente a 4 alumnos en 4º de ESO y 10 en 3º. La pregunta 11, por otro lado, ha sido contestada correctamente por 4 alumnos, el mismo número que en 3º, frente a los 6 en 4º ESO. Y, finalmente, la pregunta 14 ha sido contestada satisfactoriamente por 10 alumnos de 1º de bachillerato frente a 9 de 4º ESO y 15 en 3º ESO.

Estos resultados llaman la atención en alumnos que ya han cursado la asignatura de Biología y Geología en 4º de ESO.

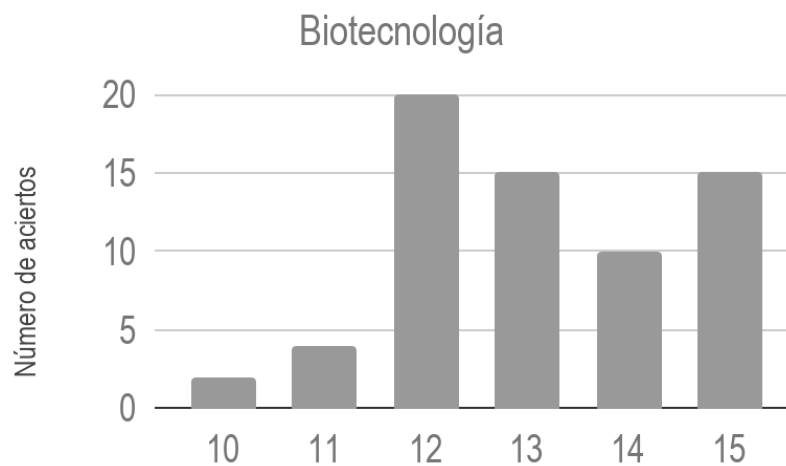


Gráfico 10. Número de aciertos en las preguntas del bloque 4 en 1º de bachillerato.

Las preguntas 11 y 12 son muy similares, como se ha comentado en el apartado del primer curso seleccionado, lo que hace que sean aún más llamativos los resultados (un 17% ha acertado la pregunta 11 frente a un 86,95% que ha acertado la pregunta 12). De igual manera, en la pregunta 14 referida a la producción de yogur y la 15 referida a la producción de cerveza se ha obtenido un 43,47% de aciertos frente al 65,22% obtenido para la pregunta 15.

## 5.2. Propuesta didáctica

En vista de los resultados obtenidos en las encuestas, se sigue adelante con el objetivo 2 de proponer una Unidad Didáctica en la que se contemplen conceptos como la herencia, los transgénicos y la terapia génica, difíciles para los alumnos.

La siguiente unidad didáctica se incluye dentro de la asignatura de Cultura Científica del primer curso de bachillerato. Se ha realizado tomando como fuente principal el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato así como la ORDEN EDU/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.

Título y número de la UD	<b>Biotecnología e Ingeniería Genética. Tema 14</b>
Introducción	Cultura Científica 1º bachillerato: Bloque 4 “La revolución genética”
Temporalización	7 sesiones de 55 minutos cada una
Contenidos	El ADN, composición química y estructura. Transmisión de información genética del ADN. Biotecnología. Técnicas utilizadas. Tecnología del ADN recombinante. Aplicaciones. Técnicas de ingeniería genética. Aplicaciones. Animales transgénicos. Plantas transgénicas. Terapia génica. Clonación. Aplicaciones. El genoma humano. El Proyecto Genoma humano. HapMap y Encode Riesgos de la biotecnología. Aspectos éticos.
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación de la teoría</li> <li>- Aprendizaje colaborativo</li> <li>- Estrategias para mejorar la autonomía de los alumnos</li> <li>- Motivación</li> <li>- Familiarizarse con el método científico</li> </ul>
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocimientos previos: preguntas, lectura y puesta en común</li> <li>2. Extracción de ADN</li> <li>3. Fermentación del yogur y pan // Técnicas de biología molecular y biotecnología</li> <li>4. Observación del yogur y pan // Tinción de plantas con <math>\beta</math>-glucuronidasa</li> <li>5. Observación del patrón de tinción // Aplicaciones de la ingeniería genética</li> <li>6. Crucigrama // Clonación</li> </ol>
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laboratorio docente</li> <li>- Material de laboratorio básico: vasos de precipitados, probetas, tubos de ensayo, tubos eppendorf, varillas removedoras, morteros, film transparente, agua destilada, detergente, sal, alcohol 96°.</li> <li>- Cuaderno de laboratorio, folios, bolígrafos</li> </ul>
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación directa del alumnado</li> <li>- Cuaderno de laboratorio</li> <li>- Examen</li> </ul>

## **I. Introducción**

Desde hace miles de años, la humanidad ha venido realizando biotecnología, como es el caso de alimentos, bebidas fermentadas como la soja o el yogur y el tratamiento de las aguas residuales. Hasta la llegada de la biología moderna, incluso hasta el siglo XIX, la base de muchos de estos procesos era desconocida.

La biotecnología es una ciencia completamente interdisciplinar, que incluye ramas de conocimiento (Edmondston, Dawson y Schibeci., 2010) como la bioquímica, microbiología, genética e informática, además de tener numerosas aplicaciones tanto en alimentos como en el medio ambiente así como en distintas terapias y diagnósticos. Por este motivo, el objetivo principal de esta unidad didáctica denominada Biotecnología e Ingeniería Genética es la presentación a los alumnos de estas ciencias, las técnicas, aplicaciones y actitudes que engloban.

Esta unidad pertenece al bloque 4, de los contenidos curriculares del curso de 1º de bachillerato de la asignatura Cultura Científica, denominado “La revolución genética” (ORDEN EDU/363/2015). Los conocimientos previos de los alumnos en relación a distintos temas tratados en esta unidad incluyen la molécula de ADN, la técnica del ADN recombinante y los organismos modificados genéticamente trabajados en 4º de ESO en Biología y Geología.

## **II. Objetivos didácticos y competencias clave**

Los objetivos generales quedan dispuestos en el artículo 25 del mencionado Real Decreto 1105/2014, de 28 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

El Bachillerato contribuirá a desarrollar en los alumnos y las alumnas las capacidades que les permitan:

- a) Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución española así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.
- b) Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales.
- c) Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres, analizar y valorar críticamente las desigualdades y discriminaciones existentes, y en particular la violencia contra la mujer e impulsar la igualdad real y la no discriminación



de las personas por cualquier condición o circunstancia personal o social, con atención especial a las personas con discapacidad.

- d) Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.
- e) Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su Comunidad Autónoma.
- f) Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras.
- g) Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
- h) Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.
- i) Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
- j) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
- k) Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.
- l) Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural.
- m) Utilizar la educación física y el deporte para favorecer el desarrollo personal y social.
- n) Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la seguridad vial.

Los objetivos específicos de la presente Unidad Didáctica (UD) son los siguientes:

- 1) Conocer la ubicación de la información genética de los seres vivos.
- 2) Conocer la forma en que se codifica la información genética en el ADN.
- 3) Analizar las principales aplicaciones de la ingeniería genética en la obtención de fármacos, terapias génicas y, principalmente, transgénicos.
- 4) Describir los distintos usos de la clonación y de la selección de embriones.
- 5) Identificar y valorar los problemas sociales y morales que la biotecnología pueda ocasionar.

Las competencias del currículo son las establecidas en el artículo 2.2 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre:

- a) Comunicación lingüística (CL)
- b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCCT)
- c) Competencia digital (CD)
- d) Aprender a aprender (AA)
- e) Competencias sociales y cívicas (CSC)
- f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE)
- g) Conciencia y expresiones culturales (CEC)

Para una adquisición eficaz de las competencias y su integración efectiva en el currículo, deberán diseñarse actividades de aprendizaje integradas que permitan al alumnado avanzar hacia los resultados de aprendizaje de más de una competencia al mismo tiempo.

### **III. Contenidos**

Los contenidos que se pretenden desarrollar en esta UD se incluyen en el Bloque 4 “La revolución genética” de Cultura Científica, en el que se analizan las técnicas modernas de ingeniería genética y su aplicación en la obtención de plantas y animales transgénicos. En concreto, los contenidos desarrollados son:

1. El ADN, composición química y estructura. Transmisión de información genética del ADN.
2. Biotecnología. Técnicas utilizadas. Tecnología del ADN recombinante. Aplicaciones.
3. Técnicas de ingeniería genética. Aplicaciones. Animales transgénicos. Plantas transgénicas. Terapia génica.
4. Clonación. Aplicaciones.
5. El genoma humano. El Proyecto Genoma humano. HapMap y Encode.
6. Riesgos de la biotecnología. Aspectos éticos.

**IV. Relación entre objetivos, competencias básicas, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables**

Objetivos	CCBB	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
1)	CL CMCCT AA CEC	2. Obtener, seleccionar y valorar informaciones sobre el ADN, el código genético, la ingeniería genética y sus aplicaciones médicas.	Sabe ubicar la información genética que posee todo ser vivo, estableciendo la relación jerárquica entre las distintas estructuras, desde el nucleótido hasta los genes responsables de la herencia.
2) 3) 4)	CL CMCCT AA CEC	3. Conocer los proyectos que se desarrollan actualmente como consecuencia de descifrar el genoma humano, tales como HapMap y Encode. 4. Evaluar las aplicaciones de la ingeniería genética en la obtención de fármacos, transgénicos y terapias génicas. 6. Analizar los posibles usos de la clonación	Conoce y explica la forma en que se codifica la información genética en el ADN, justificando la necesidad de obtener el genoma completo de un individuo y descifrar su significado. Analiza las aplicaciones de la ingeniería genética en la obtención de fármacos, transgénicos y terapias génicas. Describe y analiza las posibilidades que ofrece la clonación en diferentes campos.
5)	CL CMCCT AA CSC CEC	8. Identificar algunos problemas sociales y dilemas morales debidos a la aplicación de la genética: obtención de transgénicos, reproducción asistida y clonación.	Valora, de forma crítica, los avances científicos relacionados con la genética, sus usos y consecuencias médicas y sociales. Explica las ventajas e inconvenientes de los alimentos transgénicos, razonando la conveniencia o no de su uso.

## V. Metodología

Los procesos biotecnológicos implican algunas técnicas y prácticas de laboratorio complejas que requieren un equipamiento costoso. Sin embargo, con pocos elementos es posible realizar algunos experimentos de laboratorio en un curso de bachillerato.

De esta forma, las orientaciones metodológicas específicas van encaminadas a familiarizarse con el método científico (plantearse problemas, realizar experimentos y recoger datos, elaborar hipótesis y presentar resultados, pero su papel ha de ser activo en la construcción de sus conocimientos) en base a las explicaciones realizadas por el profesor de los contenidos requeridos, así como el aprendizaje colaborativo y la utilización de estrategias positivas en la resolución de conflictos para potenciar la autonomía de los alumnos tanto en el aula como en el laboratorio procurando siempre la motivación de los mismos.

## VI. Resumen de actividades

Las actividades incluidas en esta UD se pueden dividir en tres fases. En primer lugar, actividades de introducción para facilitar la adquisición de nuevos conocimientos. En la segunda fase se desarrollan actividades de tipo formativo, que consisten en conocer distintas técnicas y adquirir nuevas experiencias. Por último, se plantean actividades de consolidación que permiten seleccionar y priorizar datos relevantes así como elaborar argumentos científicos válidos.

### A. De introducción

- En la primera sesión, se propone una actividad de indagación de ideas previas. En primer lugar se les plantea a los alumnos unas preguntas por escrito:
  - ¿Comerías un tomate que contiene más vitaminas?
  - ¿Y uno que mantiene su color 25 días sin necesidad de ponerlo en la nevera?
  - Has consumido o utilizado algún producto transgénico (o derivado) en tu vida cotidiana?
  - ¿Cuál?

Las respuestas se entregan a profesor y las conclusiones se exponen ante la clase, explicando qué son los genes y cómo se produce la manipulación genética.

A continuación, se entregan unas lecturas, por parejas, acerca de los requisitos que debe cumplir un organismo modificado genéticamente para ser introducido tanto en la naturaleza como en la alimentación y distintas opiniones de varios medios de comunicación

(anexo II). Así se pueden comenzar a identificar y valorar los distintos problemas sociales y morales que la biotecnología puede ocasionar.

Para finalizar la actividad se realiza una puesta en común de las ideas obtenidas junto con apuntes del profesor sobre mitos y verdades de la biotecnología y los transgénicos y las diferencias entre la biotecnología tradicional y la biotecnología moderna.

- Para la segunda sesión se propone una actividad de laboratorio, en la que los alumnos se dispondrán en grupos de 2 o de 3 alumnos, que consiste en la extracción de ADN.

A pesar de lo que los alumnos puedan pensar, la extracción de ADN es un proceso simple que podemos realizar en un laboratorio de cualquier centro educativo.

Se puede utilizar como muestra una mezcla de frutas, verduras o la propia saliva de los alumnos. El protocolo a seguir se basa en romper la pared celular y la membrana plasmática para poder tener acceso al ADN del núcleo, evitar que el ADN se degrade para poder aislarlo y finalmente precipitarlo con alcohol.

Los resultados esperados se les muestra a los alumnos para que vean lo que pueden conseguir en esta práctica (anexo III).

Esta práctica supone un buen momento para abordar temas como los distintos proyectos que se desarrollan actualmente como consecuencia de descifrar el genoma humano.

### **B. Formativas**

- Para estas actividades serán necesarias dos sesiones con el fin de ver los resultados obtenidos. En la tercera sesión se plantea el estudio de la coagulación de la leche mediante la adición de un ácido y mediante la adición de un cultivo bacteriano proveniente de un yogur natural. En la segunda parte de la práctica el objetivo es la observación y el estudio de la fermentación de la masa de pan con los alumnos gracias a la producción de dióxido de carbono.
  - Para la realización de estos procedimientos se considera suficiente media hora, ya que los resultados se observarán y comentarán en la siguiente sesión. Por lo tanto, para la segunda mitad de la hora se plantea la preparación de otra práctica que también se continuará en la cuarta sesión.
  - En el caso de que se pudieran unir dos horas lectivas, o que las horas de prácticas de laboratorio fueran de más tiempo que las clases teóricas (más de 55 minutos) se pueden unir la sesión 3 y la sesión 4.

### YOGUR

Para observar la precipitación de la caseína de la leche se pretenden llevar a cabo dos procedimientos en paralelo con cada uno de los alumnos. En primer lugar, utilizaremos dos vasos de precipitados para dividir la muestra de leche esterilizada (aproximadamente 50 ml en cada uno). En uno de ellos se añaden 10 ml de vinagre y en el otro añadimos una cucharadita de yogur natural y los removeremos. Lo dejaremos reposando y empezaremos a ver el resultado después de 20 minutos, aunque las anotaciones se realizarán en la siguiente sesión.

### PAN

Para explicar la fermentación alcohólica a través de la elaboración del pan se propone a los alumnos realizar la mezcla de harina, sal, agua y levaduras. A la mitad de la clase se le facilita levadura fresca y a la otra mitad levadura seca, con el fin de que puedan observar las diferencias de una y otra. Además, una parte de los alumnos que utilizan levadura fresca realizará la mezcla en un vaso que irá unido a un globo. Después de mezclarlo se deja reposar para ver el aumento de tamaño. A partir de 30 minutos podemos empezar a ver resultados, pero se comentará al día siguiente, en la cuarta sesión cuando las masas hayan duplicado su tamaño.

- Para la cuarta sesión, la actividad que se lleva a cabo es la observación del patrón de expresión de varios genes implicados en el desarrollo floral de *Arabidopsis thaliana*. Para ello será necesario contar con plantas de ecotipo silvestre y con alguna línea mutante para un gen conocido (y conocida su expresión). El patrón de expresión se observará mediante la actividad  $\beta$ -glucuronidasa, incubando las plántulas u órganos a 37° C, en una pequeña estufa, o a temperatura ambiente si no hubiera estufa disponible. Varias plantas u órganos se cubren con la solución GUS y se dejan reposar para ver la actividad al final de la sesión. El resto de plantas y órganos se dejan cubiertas hasta la siguiente sesión.

Los alumnos podrán observar (como se muestra en el **anexo IV**) la expresión de determinados genes, en este caso, implicados en la arquitectura de la inflorescencia y en el desarrollo floral (por ejemplo, FT y FLC) tanto en plantas de tipo silvestre como en mutantes. Así se podrán abordar en clase las distintas técnicas de biología molecular y repasar la manipulación genética vista previamente.

- Por lo tanto, para la cuarta sesión, además de comenzar con las tinciones, está prevista la visualización de la consistencia del yogur y la explicación sobre la fermentación y coagulación así como la implicación que tiene la biotecnología en otros tipos de alimentos. Además, las masas de pan habrán duplicado su tamaño y se podrá explicar la acción de la levadura y la producción de CO<sub>2</sub>.

### C. De consolidación

- En la quinta sesión se observan los resultados obtenidos de las tinciones y se comparan los distintos patrones de expresión. Esto nos da pie para explicar las distintas técnicas que permiten manipular los genes para obtener las plantas que tenemos. Además, en este punto resulta interesante comentar las distintas aplicaciones de la ingeniería genética en especies vegetales, y por ende en animales. También se pueden incluir unos pequeños apuntes sobre las aplicaciones en medicina y terapia génica, después de los resultados obtenidos en los cuestionarios.
- En la sexta y última sesión se propone a los alumnos la realización de un crucigrama y una actividad de “rellenar huecos” a modo de repaso de la teoría explicada durante las distintas sesiones (**Anexo V**). Los últimos 30 minutos se aprovechan para explicar brevemente los usos de la clonación y la selección de embriones pudiéndose apoyar en algún recurso visual como el que encontramos en el National Human Genome Research Institute que se muestra en el **Anexo VI**.

El examen del tema se realizará cuando se finalice la explicación de este. Necesitará una séptima sesión, de 55 minutos, para desarrollar la prueba escrita que figura en el **Anexo VII**.

## **VII. Atención a la diversidad**

Se dispondrán las medidas de atención a la diversidad que tiendan a alcanzar los objetivos y competencias establecidas, pero que permitan una atención personalizada al alumnado que presente diferencias en cuanto a capacidades, ritmos y estilos de aprendizaje, entre las que se pueden destacar las siguientes:

- Actividades de repaso y refuerzo para el alumnado con dificultades de aprendizaje.
- Actividades de ampliación para el alumnado con altas capacidades, orientadas a enriquecer los contenidos del currículo ordinario.
- Los grupos de trabajo los realizará el profesor, previamente planificados, para que existan apoyos entre los compañeros en el caso de existir dificultades específicas

Se trata de introducir en el aula una dinámica en la que los alumnos se sientan cómodos y comprometidos y motivados con su proceso de aprendizaje.

## **VIII. Espacios y recursos**

❑ Los materiales necesarios para la extracción de ADN son:

- Muestra: frutas como plátano y kiwi, verduras como espinacas o saliva.
- Trituradora. En caso de la saliva basta con enjuagarse y verterlo a un vaso
- Tubos de ensayo
- Vaso de precipitados
- Agua destilada
- Detergente
- Sal de mesa
- Alcohol 96°
- Zumo de piña

❑ Para la práctica del yogur los materiales y recursos necesarios son:

- Leche
- Vasos de precipitados

❑ Para la realización de la práctica del pan, los materiales y recursos necesarios son:

- Harina, agua y sal
- Levadura fresca y levadura seca
- Báscula



- Cuencos o vasos para realizar la mezcla
- Globos
- Papel transparente

❑ Para la realización de la práctica con plantas son necesarios:

- Muestras de plantas previamente recolectadas
- Mezcla para realizar la tinción GUS previamente preparada por el profesor
- Tubos tipo eppendorf
- Tubos de ensayo
- Alcohol 96°

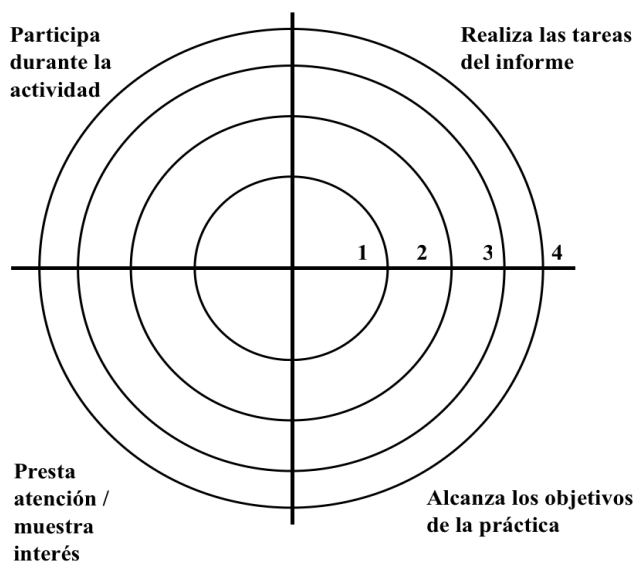
## **IX. Evaluación**

Considerando la evaluación como un proceso continuo e integral que informa sobre el proceso de aprendizaje del alumno, es importante recoger el mayor número de datos a lo largo del desarrollo de las distintas UD. En este caso concreto se utilizarán tanto los cuadernos de laboratorio como el examen escrito.

La presente propuesta didáctica supone un 30% de la nota del último trimestre de curso. El examen final aportará el 50% de esta nota del trimestre. Para la evaluación continua, el docente evaluará el desempeño de cada alumno durante la realización de las prácticas mediante una diana de evaluación (que supone el 20% del total) , además resulta interesante realizar una autoevaluación a los alumnos para valorar las actividades propuestas y cómo se han sentido ellos al realizarlas. Finalmente, los alumnos tendrán que entregar el cuaderno de laboratorio con los distintos informes al finalizar de las sesiones, que serán evaluados (y suponen el 30% del total de la nota) mediante una rúbrica que queda recogida a continuación.

**A. Instrumentos de evaluación**

**1. Diana de evaluación para el laboratorio**



4: Excelente. Domina totalmente el aspecto evaluado  
 3: Bueno. Domina CASI totalmente el aspecto evaluado  
 2: Regular. Domina MUY POCO el aspecto evaluado  
 1: Inadecuado. NO domina el aspecto

**2. Rúbrica de autoevaluación de los alumnos**

<b>Autoevaluación</b>	<b>3 (mucho)</b>	<b>2 (normal)</b>	<b>1 (poco)</b>
He prestado atención y mostrado interés a las explicaciones del profesor durante las prácticas			
He respetado a los demás compañeros durante las sesiones			
He seguido los procedimientos de los protocolos de las prácticas			
He utilizado correctamente los materiales del laboratorio			
Las prácticas han hecho que preste más atención a los contenidos de este tema			
Las prácticas han hecho me interese más por la asignatura de Cultura Científica			
Me gustaría realizar prácticas de laboratorio en otros temas			

## 3. Rúbrica de evaluación para el cuaderno de laboratorio

	4	3	2	1
<b>Fecha</b>	Entrega en la fecha establecida	Entrega un día después	Entrega dos días después	Entrega 3 o más días después
<b>Formato y ortografía</b>	Se ajusta al formato exigido y no tiene ninguna falta de ortografía	No tiene en cuenta alguna característica del formato y tiene 1-4 faltas	No tiene en cuenta el formato y tiene 5-8 faltas	No tiene en cuenta el formato y tiene más de 8 faltas
<b>Redacción</b>	Desarrolla ideas claras y utiliza vocabulario correcto	Desarrolla algunas ideas claras y utiliza poco vocabulario específico	Desarrolla ideas poco claras y utiliza poco vocabulario específico	Ideas confusas y/o desordenadas. No utiliza vocabulario específico
<b>Imágenes</b>	Acompaña el texto con imágenes ordenadas	Incluye imágenes pero desordenadas	Incluye imágenes que no tienen que ver con la práctica	No incluye imágenes
<b>Síntesis</b>	Expone las ideas principales y hace un buen análisis de conclusiones	Expone las ideas principales pero analiza parcialmente las conclusiones	Expone ideas pero no las principales y no analiza correctamente las conclusiones	No distingue las ideas principales

## 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se pueden extraer del presente trabajo son las siguientes:

1. La biotecnología es una ciencia de gran relevancia en el contexto social, económico y cultural; y resulta de vital importancia para desarrollar el correcto pensamiento crítico en ciencia en los alumnos de secundaria. Supone un aspecto importante para sentar una base científica, formular y contrastar hipótesis, plantear problemas e interpretar resultados. En definitiva, la alfabetización científica tan buscada.
2. La asignatura Cultura Científica de 1º de bachillerato, optativa, incluye en sus contenidos curriculares un bloque en el que se abordan distintos aspectos de la genética y la biotecnología. Sin embargo, en el curso anterior de esta misma asignatura no figuran estos contenidos. En la asignatura de Biología y Geología de 4º de ESO sí se asientan algunas bases del conocimiento de estas ciencias.
3. Se ha realizado una recogida de información del nivel de conocimientos previos sobre distintos temas de biotecnología e ingeniería genética a través de un cuestionario de quince preguntas. Al realizar el análisis, se han puesto en evidencia los conceptos erróneos tanto en genética básica como en ingeniería genética, además de los problemas a la hora de distinguir entre biotecnología tradicional y moderna. Sin embargo, la mayoría están a favor de la experimentación en células de distintas especies.
4. Con este trabajo se ha puesto de manifiesto la importancia de la biotecnología y la ingeniería genética a través de la inclusión en el currículo de Cultura Científica de 1º de bachillerato de manera más amplia y haciendo hincapié en los conocimientos previos y conocimientos de base que tienen los alumnos desde el curso 4º de ESO.
5. La unidad didáctica “Biotecnología e Ingeniería Genética” busca acercar conceptos en estas materias de forma que los alumnos tengan herramientas y recursos didácticos al alcance para que puedan aumentar el interés y motivación sobre distintos procesos y

técnicas de biotecnología así como sobre las distintas aplicaciones de la ingeniería genética. De esta manera se pretende conseguir desarrollar las distintas competencias fomentando la madurez intelectual y la autonomía.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo Díaz, J. (2017). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 1(1), pp. 3-16.

Acosta, R. (2012). Configuración del conocimiento didáctico profesional del profesor de ciencias para la Enseñanza de la Biotecnología en Colombia: Propuesta de investigación. *Revista EDUCyT*, Vol. Extraordinario, Diciembre, 19.

Arroyo, G. (2011). La enseñanza y capacitación en Biotecnología desde la perspectiva de la Educación general. *Revista Umbral*, 4, 66-78

Bellver-Capella, V. (2012). Biotecnología 2.0: Las nuevas relaciones entre la Biotecnología aplicada al ser humano y la sociedad. *Persona y Bioética*, 16 (2), 87-107.

Edmondston, J., Dawson, V. & Schibeci, R. *International Journal of Science and Mathematics Education* (2010) 8: 1091.

Enciclopedia de los alimentos. Proceso de elaboración del pan. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación: [http://www.alimentacion.es/es/conoce\\_lo\\_que\\_comes/bloc/pan/proceso-de-elaboracion/](http://www.alimentacion.es/es/conoce_lo_que_comes/bloc/pan/proceso-de-elaboracion/)

Equipo docente del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. Consideraciones didácticas para enseñar biotecnología a niños y jóvenes entre 12 y 17 años. Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología. Buenos Aires, Marzo 2014.

Firdaus-Raih, M, et al. (2005). A nationwide biotechnology outreach and awareness program for Malaysian high schools. *Electronic Journal of Biotechnology*, 8 (1), 9-15.

Hernández, M. (2008). Propuesta de apoyo para una gestión eficiente de la biotecnología. *Revista EA*, 62, 5-26.

Hurtado J. *Metodología de la Investigación Holística*. -- Venezuela: Fundación Sypal, 1998. P. 139-140

- Jenkins, R. (1998). Biotechnology education. *Biochemical Education*, 26, 299-300.
- Johnson, GB. (1996). *How scientist think?* Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers. USA.
- Krauzer, H. & Massey, A. (2001). *Recombinant DNA and Biotechnology*. Washington D.C.: ASM Press. USA.
- Méndez Viera, J., y Fernández Novell, J.M. (2018). La encuesta como herramienta docente: análisis de los puntos de vista del docente y del alumno. In López-García, C & Mando, J. (Eds.), *Transforming education for a changing world*. (pp. 231-240). Eindhoven, NL: Adaya Press.
- Morones, R.R. (2010). Nueva tendencia en la biotecnología. *Ciencia UANL*, 13(3), 299-306.
- Moses, V. (2003). Biotechnology education in Europe. *Journal of Commercial Biotechnology*, 9 (3), 219–230.
- Occelli, M; Vilar, M y Valeiras, N. (2011). Conocimientos y actitudes de estudiantes de la ciudad de Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 227-242.
- Occelli, M. Enseñar biotecnología en la escuela: aportes y reflexiones didácticas; *Boletín Biológica; Boletín Biológica*; 27; 7; 2-2013; 9-13
- Occelli, Maricel; Valeiras, Beatriz Nora; Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica; *Universitat Autònoma de Barcelona. Institut de Ciències de l'Educació; Enseñanza de Las Ciencias*; 31; 2; 2-2013; 133-152
- ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN EDU/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.

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Sáiz, M.C., Montero, E., Bol, A., y Carbonero, M. A. (2012). An analysis of Learning Competences at the University. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 10(1), 253-270.

Sánchez, J.M. (2011). Biotecnología: Presente y Futuro. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 77 (4), 52-59.

Sociedad Española de Biotecnología (2000). Plantas transgénicas: preguntas y respuestas. <http://www.febiotecdivulga.es/Publicaciones/PlantasTransgenicas.pdf>

Whandersee, J.H.; Mintzes, J.J. y Arnaudin, M.W. (1987). Children's biology: a content analysis of conceptual development in the life sciences. En Novak, J.D. (eds). *Proceeding of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, N.Y.: Cornell University.



## 8. ANEXOS

### Anexo I. Encuesta



Nombre y apellidos (opcional):

Clase:

Fecha:

- 1. Señala los conceptos de los que hayas oído hablar (SÍ / NO) y dónde los oíste por primera vez (cine, televisión, colegio, familia...):**

Gen

ADN

Mutación

Cromosoma

Alelo

- 2. Indica si estás de acuerdo o en desacuerdo y por qué con la aplicación de la Ingeniería Genética en: células de plantas, bacterias, células de animales, células humanas y embriones humanos.**

**Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:**

3. <b>Gen y alelo</b> significan lo mismo	V / F
4. La expresión de los genes está influenciada por el medio ambiente	V / F
5. El Proyecto Genoma Humano descifró la secuencia de ADN de la especie humana	V / F
6. Casi todo el <b>ADN</b> es igual en todos los seres humanos	V / F



**Responde a las siguientes cuestiones de las cuales sólo una respuesta es correcta**

7. La manipulación genética ha revolucionado la agricultura permitiendo crear productos con mayores propiedades para el hombre. ¿Qué nombre reciben estos alimentos tratados?
  - a. Clonados
  - b. Congénitos
  - c. Transgénicos
  
8. Indica cuál de las siguientes afirmaciones sobre las células madre es incorrecta:
  - a. Permiten reconstruir tejidos u órganos dañados
  - b. Se extraen exclusivamente de embriones
  - c. Permiten generar nuevas células sin perder sus propiedades
  
9. ¿Qué es la ingeniería genética?
  - a. Es el conjunto de técnicas de clonación, excluida la clonación humana
  - b. Una tecnología que permite modificar el genotipo de un organismo
  - c. Una tecnología que permite modificar genes de animales con fines industriales y económicos

**Señala verdadero o falso**

10. La <b>biotecnología</b> es una técnica utilizada a partir del siglo XX	V / F
11. La biotecnología <b>tradicional</b> puede conseguir especies más resistentes a plagas	V / F
12. La biotecnología <b>moderna</b> puede conseguir especies más resistentes a plagas	V / F
13. Todos los organismos transgénicos están genéticamente modificados	V / F
14. El <b>yogur</b> es un alimento que se obtiene por biotecnología	V / F
15. La producción de <b>cerveza</b> se consigue por técnicas de biotecnología tradicional	V / F

## Anexo II. Sesión 1. Lecturas sobre OMG

<https://ciencias.iesgrancapitan.org/?p=20#sthash.MU8bQSOL.dpuf>

1 JUNIO, 2007 DE AGOMEZ

### Transgénicos

Desde muy antiguamente hemos desarrollado técnicas para la modificación genética de los organismos, seleccionando cruces o hibridando diferentes razas o variedades; se utilizaban para ello, y se siguen utilizando, animales o vegetales de la misma o de especies muy cercanas, no tenemos más que observar nuestros productos agrícolas y compararlos con las especies naturales de las que proceden. Si te apetece también puedes mirar al perro que tengas más cerca.

La novedad de los transgénicos está en que utilizamos segmentos de ADN de un virus o de un ser vivo (desde una bacteria hasta de un ser humano) para introducirlo en el material genético de otro. Existen diferentes técnicas y las posibilidades y objetivos son muy variados. Habrás oído más últimamente de su uso en la agricultura, pero te propongo que veas esta [animación de la página de Consumer](#) en la que se explica con detalle para el caso de la obtención de animales transgénicos.

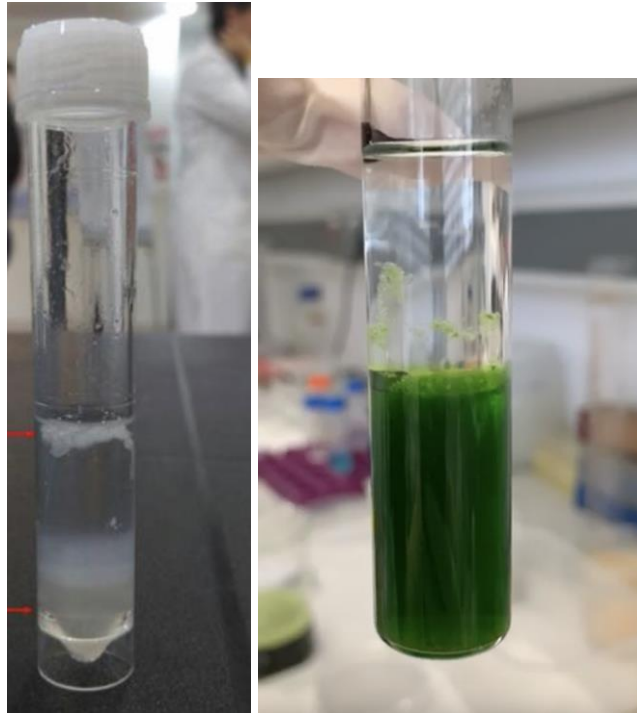
En el caso de los vegetales, habrás escuchado hablar de la soja, el maíz o el algodón como los cultivos más utilizados; el principal objetivo es obtener variedades resistentes a plagas. Los países donde más se ha generalizado su uso los encontramos en América (EE UU, Canadá y Argentina) y Asia (China). En Europa estamos aún algo lejos, aunque en España están bastante desarrollados (53.000 hectáreas de maíz), precisamente esta semana la Organización «Amigos de la Tierra» ha denunciado la existencia de presiones estadounidenses para incentivar el desarrollo de estos cultivos en nuestro continente.

Hablar de ventajas e inconvenientes de estos productos, teniendo en cuenta que existen centenares de ellos, no es fácil, ya que se tiende a generalizar al hacerlo; realmente habrá que evaluar cada uno de ellos por separado. A pesar de esto podemos hacer un balance general de ventajas e inconvenientes:

Otras lecturas recomendadas:

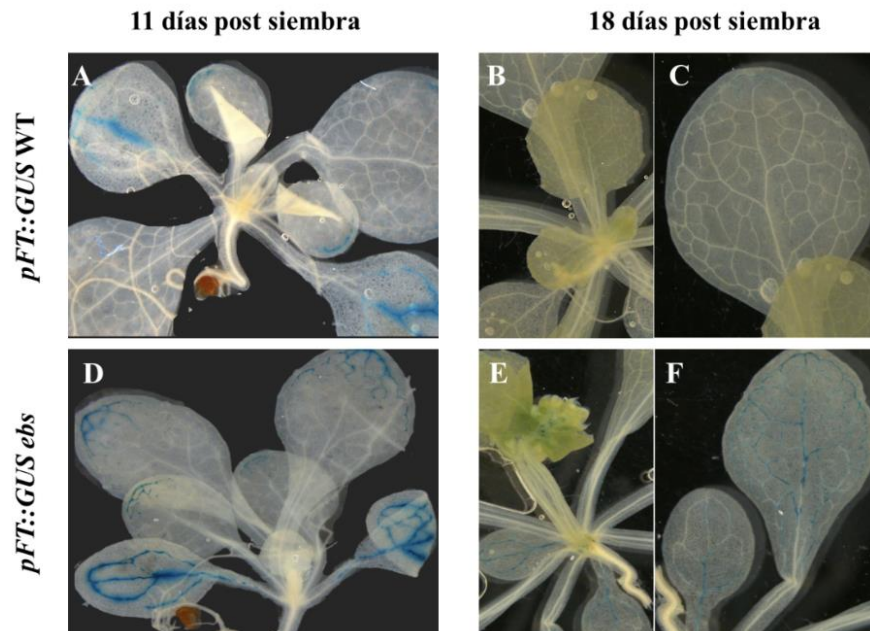
- <https://www.elmundo.es/elmundo/2009/02/18/ciencia/1234974212.html>
- [https://elpais.com/diario/2009/04/18/sociedad/1240005601\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2009/04/18/sociedad/1240005601_850215.html)
- <https://www.elmundo.es/elmundo/2009/02/18/verde/1234986215.html>
- <http://www.siquierotransgenicos.cl/2015/06/24/9-argumentos-economicos-o-agropedcuarios-erroneamente-usados-contra-los-cultivos-transgenicos/>
- <https://www.sostenibilidad.com/vida-sostenible/transgenicos-genetica-modificada-en-tu-mesa-si-o-no/>

**Anexo III. Sesión 2. Extracción de ADN**

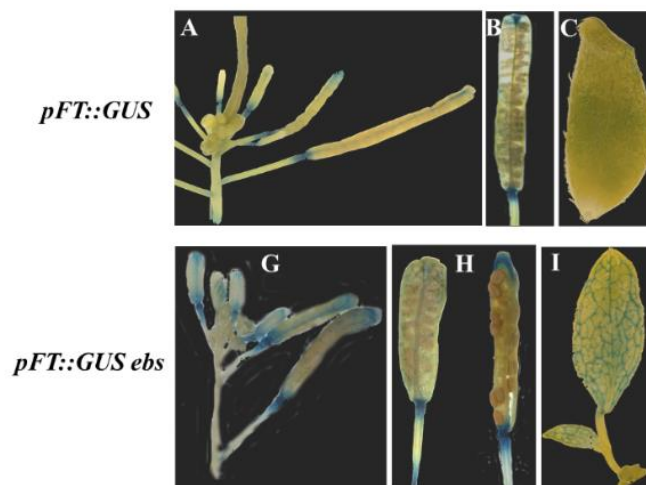


Extracción de ADN de saliva y de espinacas

Anexo IV. Sesión 4. Observación de las tinciones realizadas con GUS a la lupa.



Patrón de expresión del gen *FT* en plantas tipo *wild type* (WT) y plantas mutantes *ebs* que han estado creciendo 11 y 18 días en placas de agar.

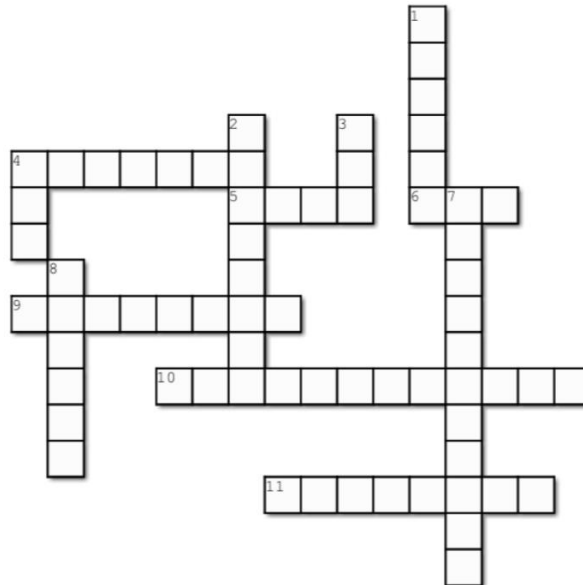


Patrón de expresión del gen *FT* en distintas silicuas y en la vasculatura de las hojas caulinares de plantas WT y plantas mutantes para el gen *EBS*

**Anexo V. Actividades sesión 6. Crucigrama y “palabras perdidas”.**

Name: \_\_\_\_\_

**Biotecnología**



Created using the Crossword Maker on TheTeachersCorner.net

**Horizontal**

- 4. Instrumento volumétrico consistente en un cilindro graduado que encontramos en el laboratorio
- 5. Copia idéntica de un organismo a partir de su ADN
- 6. Ácido nucléico que participa en la síntesis de proteínas y realiza la función de mensajero de la información genética
- 9. Hongo unicelular que produce enzimas capaces de provocar la fragmentación alcohólica de los hidratos de carbono
- 10. Organismos a los que se les transfieren genes de otros
- 11. Cambio en la secuencia de nucleótidos que produce una variación en sus características

**Vertical**

- 1. Unidad anatómica más pequeña, que contiene todas las propiedades de un ser vivo
- 2. Microorganismo procariota compuesto por una sola célula sin núcleo
- 3. Unidad funcional y física de la herencia que pasa de padres a hijos
- 4. Técnica de biología molecular cuyo objetivo es obtener un gran número de copias de un fragmento de ADN
- 7. Las proteínas que reconocen una secuencia característica de nucleótidos dentro del ADN son enzimas de
- 8. Conjunto de genes y disposición de los mismos en la célula

**Completa los huecos:**

Las proteínas que se utilizan para cortar el ADN en fragmentos pequeños se llaman \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, y suelen ser de origen bacteriano.

Una vez fragmentado, la cantidad de \_\_\_\_\_ debe multiplicarse. Algo que se consigue mediante unos fragmentos de ADN de las bacterias, denominados \_\_\_\_\_. Otra forma de hacerlo es en el laboratorio, con la técnica conocida por sus siglas, la \_\_\_\_\_.

Se separan los fragmentos que contienen el ADN añadido, y se introducen en la célula diana, que pasará a tener un ADN \_\_\_\_\_.

## Anexo VI. Clonación

<https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Clonacion>



**Anexo VII. Examen final**

**Biotecnología e ingeniería genética. Tema 14.**

Nombre y apellidos: .....

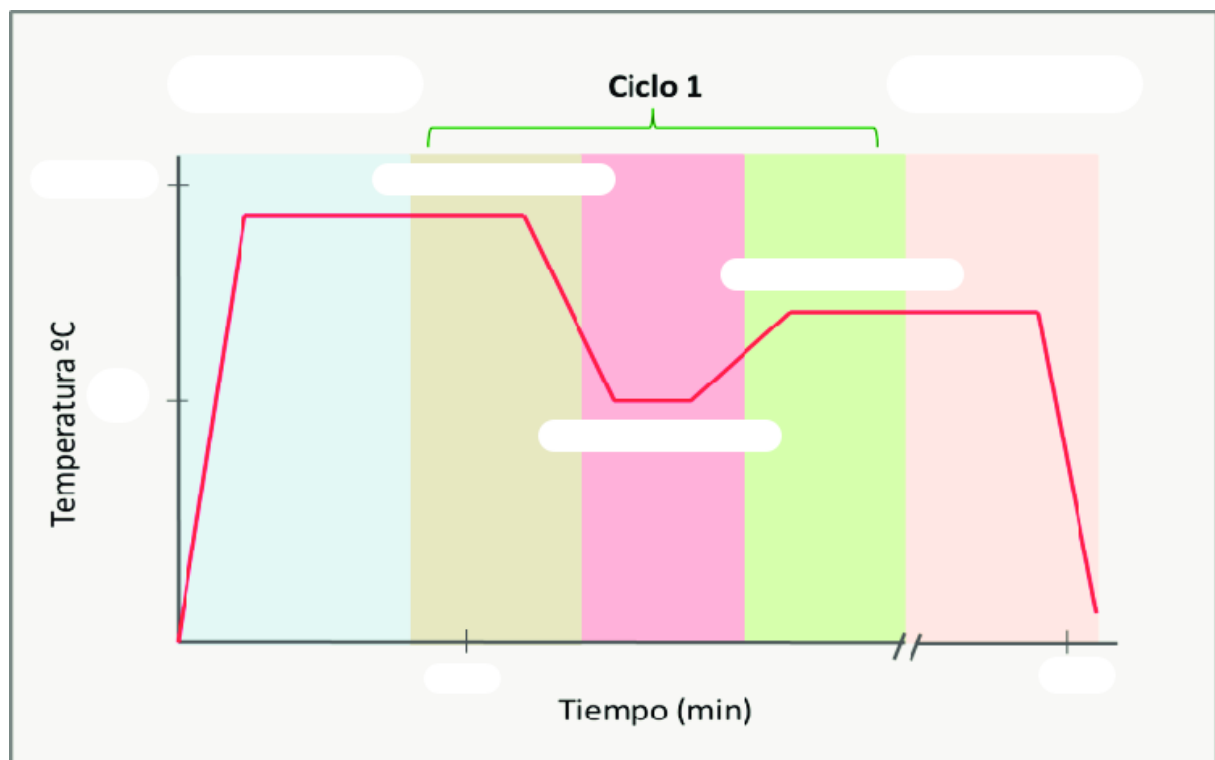
Clase: .....

Fecha: .....

1. *Agrobacterium tumefaciens* es una bacteria que provoca tumores pero que, tras ser manipulada, puede usarse como vector de ADN. ¿Dónde se aplica? (0,5 puntos)
  - a. En otras bacterias para producir hormonas humanas
  - b. En el hombre para matar células tumorales
  - c. En plantas
  - d. En mamíferos para obtener leche con proteínas determinadas
  
2. El primer caso de clonación de un mamífero fue dado a conocer en Escocia en 1997. ¿Qué animal era? (0,5 puntos)
  - a. Cabra
  - b. Cerda
  - c. Oveja
  - d. Vaca
  
3. ¿Con qué nombre se conoce al ADN manipulado que se forma por dos o más secuencias de ADN distintas? (0,5 puntos)
  - a. Recombinante
  - b. Complementario
  - c. Pasajero
  - d. Ribosómico
  
4. ¿Qué nombre reciben los agentes encargados de transferir información genética de un organismo a otro? (0,5 puntos)
  - a. Oncogén
  - b. Vector
  - c. Transgén
  - d. Portador



5. El maíz, la patata o el algodón pueden incorporar ADN de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. ¿Qué peculiaridad tienen estas plantas transgénicas? (0,5 puntos)
- Crecimiento más rápido
  - Mayor resistencia a heladas
  - Menos necesidad de abono
  - Mejor resistencia a plagas
6. Explica brevemente cuatro aplicaciones de la ingeniería genética (2 puntos)
7. Completa el siguiente esquema correspondiente a las etapas de la PCR (1,5 puntos)



8. Si la hebra codificante de un oligonucleótido de DNA es la siguiente:  
5' – ATTAGCCGAATGATT – 3'
- Escriba la secuencia de la hebra molde del DNA (0,5 p)
  - Escriba la secuencia del mRNA (0,5 p)
  - ¿Cuántos aminoácidos codifica dicha hebra? (0,5 p)
  - Si se produce una mutación por delección del 10o nucleótido, ¿cuál sería la secuencia del oligopéptido formado? (0,5 p)

9. Define los siguientes términos:
- Terapia génica (0,5 p)
  - Enzimas de restricción (0,5 p)
  - Plásmido (0,5 p)
  - Clon (0,5 p)