

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

Biología y Geología



Universidad de Valladolid

LA BIOTECNOLOGÍA EN EL ENTORNO SOCIAL Y EDUCATIVO

Autor: Laura Varo González

Tutor: Francisco Javier Arias Vallejo

Curso 2017/2018



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 entorno social y educativo” redactado por Dña. Laura Varo González 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 6 de junio de 2018

Fdo. Dr. F. Javier Arias Vallejo

ÍNDICE

1. Resumen.....	2
2. Introducción.....	3
2.1. La biotecnología y su desarrollo.....	3
2.2. La biotecnología en la sociedad.....	4
2.3. La biotecnología en la educación.....	6
3. Objetivos.....	9
3.1. Objetivos generales.....	9
3.2. Objetivos específicos.....	9
4. Justificación.....	11
5. Metodología.....	17
5.1. Conocimientos previos del alumno.....	17
5.1.1. Test de opción múltiple: contexto.....	18
5.1.2. Test de opción múltiple: objetivos y contenido.....	19
5.1.3. Análisis del test.....	20
5.2. Propuesta didáctica.....	31
5.2.1. Contexto didáctico.....	31
5.2.2. Objetivos.....	32
5.2.3. Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje.....	34
5.2.4. Competencias.....	34
5.2.5. Marco legislativo.....	36
5.2.6. Fundamento conceptual o teórico.....	37
5.2.7. Diseño de las actividades.....	38
5.2.7.1. Actividades de aula.....	38
5.2.7.2. Actividades fuera del aula.....	43
5.2.8. Temporalización.....	55
5.2.9. Evaluación.....	57
5.2.10. Atención a la diversidad.....	60
6. Conclusiones.....	62
7. Bibliografía.....	64
a. Referencias.....	64
b. Webgrafía.....	66
c. Recursos didácticos.....	67
ANEXOS.....	69

1. RESUMEN

El presente trabajo se ajusta a la asignatura de Cultura Científica de 1º de Bachillerato. Se centra en poner de manifiesto la importancia de la biotecnología a través de las plantas transgénicas y sus aplicaciones en la sociedad.

En primer lugar, se analizan los saberes previos de los alumnos, así como la formación que han recibido en el aula y el nivel de motivación acerca de la biotecnología en general y, en particular de las plantas transgénicas, para posteriormente plantear una propuesta innovadora y motivadora fundamentada en la legislación vigente que siga el hilo de las opiniones, intereses y necesidades de los educandos.

La propuesta didáctica pretende dar a conocer diversos aspectos sobre las plantas transgénicas, entre ellos, cómo se obtienen las mismas. Además, se lleva a cabo una actividad complementaria en la asignatura de Biología y Geología que ayudará a la mejor comprensión de la propuesta.

Palabras clave: *biotecnología, plantas transgénicas, organismos modificados genéticamente (OMG), cultivo, célula, Bachillerato, propuesta didáctica.*

2. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es parte de los requisitos necesarios para completar el Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas de la Universidad de Valladolid.

2.1. La biotecnología y su desarrollo

La revelación de la estructura del ADN abrió las compuertas para el desarrollo de una serie de técnicas y procesos que dieron pie en los años setenta al nacimiento de la ingeniería genética, en medio del “boom científico y cultural” de este movimiento genético-molecular, se acuñó el término biotecnología (Hernández, 2014). La biotecnología es un concepto hoy día revolucionario que suscita los más variados y contradictorios sentimientos.

Es difícil encontrar una definición equilibrada de la misma, existe un rango de definiciones que abarcan, desde aquellas que son demasiado simplificadas a aquellas otras que son extremadamente condicionantes. En su forma más simple, la biotecnología incluiría cualquier aplicación de la ingeniería sobre un organismo vivo, sus tejidos o células. Si recurrimos a definiciones más amplias y elaboradas, según la CamBioTec, la biotecnología se define como la aplicación de la ciencia y la ingeniería en el uso directo o indirecto de organismos vivos o partes de ellos, en sus formas naturales o modificadas, en una manera innovadora para la producción de bienes y servicios o para la mejora de procesos industriales existentes que promoverán el bienestar de la humanidad (Domínguez et al., 2016; Hernández, 2014).

Las primeras manifestaciones documentadas de manejo biotecnológico se remontan a los años 8000 a. C.; es decir, a partir del descubrimiento fortuito del proceso de fermentación por la civilización egipcia (Morones, 2010). Es de mencionar que los habitantes de lo que hoy llamamos Oriente Próximo, en la Edad de Piedra, fueron los primeros en practicar la manipulación genética. La información fósil nos revela que realizaban la cría selectiva de animales domésticos y plantas cultivadas, elegían para reproducir sus animales y cosechas, aquellos individuos que presentaban las mejores características deseadas. Asimismo, hay más evidencias históricas, los babilonios seis mil años antes de Cristo fabricaban cerveza por fermentación microbiana. Tres mil años antes de Cristo, los sumerios eran capaces de fabricar casi 20 tipos de cerveza; o el yogurt en la China, cuatrocientos años antes de Cristo (Ochando, 1989). Estos procesos biotecnológicos que se han venido utilizando a lo largo de la historia de

la humanidad, usando seres vivos para obtener productos de interés para el hombre, son lo que se conoce como biotecnología tradicional, la cual finaliza a lo largo del siglo XIX con el crecimiento de las ciencias agrícolas y de la microbiología.

En el siglo XX surge la biotecnología moderna que lejos de suponer una ruptura con la biotecnología tradicional, evoluciona sobre las bases de ésta última (Muñoz, 2001). La biotecnología moderna utiliza técnicas denominadas en su conjunto ingeniería genética, para modificar y transferir genes de un organismo a otro. A través de ella, es posible producir insulina humana en bacterias y, consecuentemente mejorar el tratamiento de la diabetes; la fabricación de la quimosina, enzima clave para la fabricación del queso y que evita el empleo del cuajo en este proceso; también es una herramienta fundamental para mejorar cultivos vegetales, etc. La biotecnología moderna avanza y, en la actualidad, son muchos los países que utilizan las técnicas de ingeniería genética para la obtención de diversos productos que tienen la aplicación en la producción de alimentos, medicamentos, y de productos industriales.

2.2. La biotecnología en la sociedad

A estas alturas nadie puede poner en duda la trascendencia y el enorme impacto que el desarrollo de la biotecnología está teniendo en las sociedades económicamente desarrolladas. Hoy en día, miles de productos biotecnológicos inundan nuestra vida, no hay que esperar al futuro. A pesar de estar en contacto directo con la biotecnología, la mayor parte de los ciudadanos son desconocedores de términos como: alimentos transgénicos, clonaciones, fecundación in vitro, terapia génica, trasplantes, organismos genéticamente modificados, etc., éstos son algunos de los exponentes más destacados de la revolución biotecnológica de los últimos años. Para muchos, representan conceptos oscuros, incluso peligrosos y merecen poca confianza, mientras que para unos pocos, estos avances biotecnológicos y otros más que se podrían citar, son admirados y apoyados incondicionalmente. “Este abanico de actitudes suele tener en la mayoría de las personas no familiarizadas con la problemática de las biotecnologías el denominador común de la escasa fundamentación y el desconocimiento, de los prejuicios irracionales o de la aceptación acrítica” (Soutullo, 2004, p.263). Sin embargo, existe una cierta pauta en cuanto a la percepción social de la biotecnología consistente en que las tecnologías relacionadas con la biomedicina, que pueden reportar mejoras potenciales en la salud, tienden a ser bien recibidas y aceptadas, mientras que las que afectan al medio ambiente, como el uso de plantas transgénicas, adolecen de una percepción social más negativa, cuya oposición se

basa en la existencia de posibles peligros a largo plazo para la salud de los consumidores y para el medio ambiente. Así lo demuestra el Eurobarómetro sobre Biotecnología realizado en 2005 a los ciudadanos europeos (Romero, 2009).

Desde finales del siglo XIX, los progresos en Biotecnología y en general en las denominadas Ciencias de la Vida han mejorado constantemente la calidad de vida de la humanidad; el hombre actual goza de una vida más longeva y saludable con respecto a las generaciones anteriores. En las últimas décadas hemos sido testigos de avances impresionantes en la comprensión de las estructuras y mecanismos moleculares que ayudan a explicar los fenómenos vitales, lo que ha facilitado no sólo el desarrollo de nuevos fármacos sino también la mejora de los sistemas de prevención y diagnóstico de enfermedades. En la adquisición de este conocimiento han contribuido innovaciones y herramientas tecnológicas tan destacadas como las que derivan de la Ingeniería Genética con los procedimientos de la clonación, los análisis genéticos, o las modernas técnicas de terapia génica. Pero también ha sido muy importante el desarrollo de nuevos productos, como los anticuerpos monoclonales, los biosensores y los biocatalizadores (Sociedad Española de Biotecnología, 2010). Es elemental erradicar la falta de información que existe en la población con relación a la biotecnología en general, y lograr que las personas estén al corriente de los nuevos avances biotecnológicos. El conocimiento forma al individuo, le proporciona capacidad de síntesis y búsqueda de la verdad.

En este ámbito no se puede olvidar el decisivo papel que los medios de comunicación juegan en la educación científica de los ciudadanos. “Los temas relacionados con la biotecnología ocupan un lugar de importancia creciente en los medios de comunicación, siendo un área de interés informativo constante y prácticamente diario, que ha triplicado su presencia en los últimos ocho años” (Escribano y Quintanilla, 2015, p.37). Aunque en los últimos años han experimentado sensibles avances en la calidad de la divulgación científica, sigue siendo deficiente y la información suministrada, además de poco rigurosa, resulta en ocasiones sesgada e incluso interesada, dando una imagen deformada e incluso falsa de la biotecnología. Tampoco hay que desatender que la mayor parte de los textos sobre biotecnología no se contrastan en España, es por tanto, que los libros y revistas de divulgación científica de calidad son leídos por una franja extremadamente minoritaria de la población. Se puede afirmar que la calidad de la información está en relación inversa con el grado de difusión de los medios.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, es lógico que se plantee el debate entre distintos sectores de la población que observan de manera diferente los aspectos positivos y

negativos de las aplicaciones biotecnológicas. También es comprensible que el ciudadano quiera conocer de manera independiente y con total seguridad en qué consiste, qué ventajas puede representar con respecto a los métodos y productos clásicos, cuáles pueden ser sus posibles usos o efectos indeseados y qué hacen los legisladores y los gobernantes para asegurar su práctica en las condiciones más beneficiosas para la sociedad.

La Sociedad Española de Biotecnología debido a la creciente demanda social por información transparente, rigurosa y veraz, ha tomado la iniciativa de editar una serie de cuadernos informativos sobre la Biotecnología y sus diversas aplicaciones. Dada la intensidad del debate social generado alrededor de algunas de las aplicaciones biotecnológicas en la agricultura, concretamente en lo que se refiere a las plantas transgénicas y a los alimentos producidos con ellas (Sociedad Española de Biotecnología, 2000). Es a raíz del desconocimiento de este tema, por lo que mi propuesta didáctica va a estar orientada al mismo, para que los alumnos adquieran la información necesaria y sepan discernir con argumentos sólidos la postura social de la cual quieren formar parte.

Podemos concluir diciendo 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 (Casillas, 2017).

2.3. La biotecnología en la educación

Si la formación científica y bioética de la ciudadanía es una exigencia de carácter social cada vez más importante, el sistema de enseñanza no puede ser ajeno a la misma. Como se ha mencionado en el punto anterior, es necesario que la ciudadanía adopte actitudes propias, fundamentadas y críticas ante los nuevos avances tecnológicos. Para extrapolar este propósito al ámbito educativo, es imprescindible que los alumnos tengan una cultura científica básica que les permita comprender el mundo actual y formar opiniones críticas sobre temas relacionados con la biotecnología y sus problemas éticos. Además de los conocimientos necesarios para que el alumnado adquiera esta cultura científica de la que hablamos, es de vital importancia la adopción de medidas de mayor alcance en los diseños curriculares y una corresponsabilización por parte del profesorado, para asumir como tarea educativa propia la traslación a las aulas de la problemática bioética que existe en la actualidad; de este modo el alumno puede evitar e identificar el carácter dogmático que dan los medios de comunicación a algunas posturas relacionadas con la ciencia y su moralidad.

A diferencia de otras disciplinas, al ser la biotecnología un “contenido noticiable” con recurrentes menciones en la prensa, redes sociales e Internet, la enseñanza de la misma y su tratamiento en el aula fueron cambiando con el paso del tiempo. Hace 10 años, los contenidos giraban en torno a comprender la definición de biotecnología, sus alcances y aplicaciones. Sin excluir estos contenidos, hoy, se suma el desafío de explicar cómo la biotecnología interviene en resolver los problemas que enfrenta el mundo, tales como la producción de alimentos, el cambio climático, el uso responsable de recursos como el suelo, el agua, la energía y el cuidado del medioambiente (Equipo docente del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio, 2014).

La biotecnología no sólo incluye temas relacionados con la biología sino también con la economía y la comunicación entre otros, en consecuencia hay que trabajar de manera interdisciplinar con otras asignaturas, fomentando la transversalidad de los contenidos con otras áreas del conocimiento, con variados niveles de complejidad. El desafío del docente consiste en incorporar al aula todos estos aspectos que abarca la biotecnología, de una manera precisa, correcta y creativa, brindándoles la posibilidad de desarrollar su capacidad de análisis y comprensión, y aportando las herramientas necesarias para comprender los alcances de la biotecnología y sus implicancias. La posibilidad de establecer relaciones entre ciencia básica y aplicaciones tecnológicas, proporciona al alumno un aprendizaje significativo y conocimientos útiles para conocer mejor ciertos productos de consumo diario y los procesos involucrados en su fabricación.

El número de alumnos que llegan a cursar estudios superiores en la universidad está sufriendo un grave descenso, parte de la responsabilidad recae en las malas prácticas educativas impartidas en la ESO y el Bachillerato, mediante clases puramente expositivas alejadas de la realidad (Kodrzycki, 2002). Por esta razón hay que cambiar la dinámica de las clases, la innovación y creatividad juegan un destacado rol en la educación. Un ejemplo para comprender hasta qué punto la innovación y la creatividad son dos habilidades fundamentales para ponerlas en práctica en el aula lo tenemos en el profesor de Biología y Geología, Carlos Lobato Fernández del IES La Campiña de Arahal, que enseña la asignatura a sus alumnos de una manera innovadora y didáctica. Este educador explica sus lecciones mediante el uso de dibujos animados, un método que es muy eficaz para captar la atención del educando, a la vez que los mantiene motivados y predisuestos a aprender.

La educación tiene el compromiso de formar de manera integral individuos que desarrollen y cultiven aspectos tanto intelectuales como morales, es decir que el alumnado adquiera conocimientos, habilidades, desarrollen capacidades, disposiciones, valores y actitudes que les permitan responder de forma efectiva y oportuna a los adelantos científicos y tecnológicos así como a los diversos problemas presentes y futuros en una sociedad cada vez más compleja y cambiante (Hernández, 2008).

3. OBJETIVOS

Los objetivos del trabajo se dividen en: generales y específicos.

3.1. Objetivos generales

El objetivo general del Trabajo Fin de Máster es:

1. Poner de manifiesto la importancia de la biotecnología a través de las plantas transgénicas y sus aplicaciones en la sociedad y la vida diaria, por medio de asignaturas como Cultura Científica y Biología y Geología.

3.2. Objetivos específicos

Este objetivo general se desglosa en unos objetivos específicos:

1. Establecer el concepto de biotecnología y contextualizarla en un marco histórico, social y educativo.
2. Justificar las asignaturas y el curso seleccionados para realizar la propuesta didáctica y buscar la forma de conectar ambas asignaturas para que el alumno aprenda a reconocer la relación existente entre las diferentes materias.
3. Analizar el nivel de conocimientos previos de los alumnos, la formación que han recibido en el aula y el nivel de motivación acerca de la biotecnología en general y, en particular, de las plantas transgénicas, para proporcionar al alumno un aprendizaje significativo.
4. Plantear una propuesta innovadora y motivadora para el alumnado, incluyendo los conceptos y las bases más importantes de las plantas transgénicas, fundamentada en la legislación vigente.
5. Promover el aprendizaje autónomo del alumno, aportándoles medios y recursos fiables a los que puedan acudir para consultar la información necesaria para completar con éxito el aprendizaje.

6. Conocer las técnicas de la ingeniería genética necesarias para la obtención de plantas transgénicas, constituir relaciones entre las plantas transgénicas y sus aplicaciones biotecnológicas para proporcionar al alumno conocimientos útiles que le permitan entender mejor ciertos productos de consumo diario.
7. Plantear una actividad complementaria que despierte el interés del alumno, ayude a la mejor comprensión de la propuesta didáctica, contribuya en la educación ambiental y refuerce contenidos.
8. Facilitar a los alumnos información veraz y de carácter científico para que puedan conocer ciertos aspectos sobre las plantas modificadas genéticamente y consigan formar opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público. Fomentando así, la capacidad de razonamiento crítico del alumno.
9. Profundizar en el aprendizaje de los contenidos adquiridos a lo largo de la práctica mediante la elaboración de un informe por parte de los educandos. De este modo, analizan y sintetizan la información disponible.
10. Contribuir a la divulgación científica en el centro por parte de los propios alumnos.

4. JUSTIFICACIÓN

Como se ha mencionado en la introducción del presente trabajo, la percepción social de las aplicaciones biotecnológicas en el medio ambiente, concretamente a las plantas transgénicas y a los alimentos derivados de ellas, es mucho más negativa que cuando se vincula la biotecnología con el campo de la biomedicina, ya que puede suponer mejoras significativas en la salud.

Es por esta razón, por lo que se hace una propuesta didáctica enfocada en las plantas genéticamente modificadas, en concreto, en las plantas transgénicas. Es indispensable que los alumnos adquieran los conocimientos imprescindibles para que sean capaces de filtrar, seleccionar e interpretar la información que reciben, y formular su propio criterio, adoptando una postura ética.

El estudio elaborado por YouGov para el *Huffington Post* en el que se analiza la aceptación de los estadounidenses a los alimentos biotecnológicos demuestra que el nivel educativo del consumidor está estrechamente relacionado con la aceptación a los alimentos modificados genéticamente, es decir, cuánto mayor es el nivel de estudios que posee el comprador mayor es la aprobación a dichos alimentos (Fundación Antama, 2016). Entre las preguntas formuladas en la encuesta se encontraba una relativa a los alimentos biotecnológicos: “¿Cree que los alimentos modificados genéticamente son seguros o inseguros para su consumo?”.

Los resultados mostraron que el 49% de los encuestados con títulos universitarios consideraban seguros estos alimentos, esta cifra disminuía a un 36% entre los encuestados con Educación Secundaria. La aceptación bajaba a un 22% cuando los estudios del encuestado eran inferiores a la ESO (Fundación Antama, 2016). Se evidencia con este estudio el primordial papel que juega la educación en la docencia de la biotecnología, logrando la alfabetización científica de los docentes.

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

El contenido específico relacionado con la biotecnología, en concreto con plantas transgénicas que se refleja en el Boletín Oficial de Castilla y León, por el que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria (BOCyL núm 86, 363/2015), aparece en el curso que se analizará brevemente a continuación.

En la Educación Secundaria Obligatoria la materia de Biología y Geología debe contribuir a que el alumnado adquiera unos conocimientos y destrezas básicas que le permitan adquirir una instrucción científica que haga posible su familiarización con la naturaleza y las ideas básicas de la ciencia, y que ayude a la comprensión de los problemas a cuya solución puede contribuir el desarrollo científico y tecnológico. El uso de la metodología científica permite generar modelos que ayudan a comprender mejor los fenómenos naturales, a predecir su comportamiento y a actuar sobre ellos en caso necesario, para mejorar nuestras condiciones de vida.

4º de ESO

- Biología y Geología

Los tres primeros cursos de Educación Secundaria Obligatoria no se mencionan en este trabajo, debido a que en 2º de ESO no se imparte la asignatura de Biología y Geología y en 1º y 3º de ESO no aparece el tema de la biotecnología. La primera vez que se presenta el tema de estudio es en cuarto, en éste último curso de Educación Secundaria Obligatoria, la biotecnología se aborda desde una perspectiva global, al ser la primera ocasión que los alumnos se familiarizan con este término.

En 4º de la ESO se refleja como contenido la ingeniería genética, la biotecnología y la bioética en el bloque número 1 denominado “La evolución de la vida”. Los alumnos estudian la evolución de la vida partiendo de la estructura y funcionamiento del material hereditario. Seguidamente se abordan los aspectos básicos de la genética mendeliana, especialmente los relacionados con la genética humana. Posteriormente se estudian algunas técnicas y aplicaciones de la Biotecnología e Ingeniería Genética en la agricultura, la ganadería, el medio ambiente y la salud. También se abordan aspectos relacionados con la bioética.

Por tanto, se trabajan aspectos como el ADN recombinante y los OMG (organismos modificados genéticamente).

Al final de la etapa de secundaria la asignatura de Biología y Geología pretende que el alumno conozca las grandes teorías que han permitido el desarrollo más actual de la Biología, encuadrando la biotecnología en el estudio de la genética. “Cabe destacar que se

busca por parte del educando la interpretación crítica de las consecuencias de los progresos en el campo de la biotecnología” (Casillas, 2017, p.10).

La asignatura de Biología y Geología en 4º de ESO permite llevar a la práctica sin problema la propuesta del actual trabajo, la cual, se explicará con mayor detalle en el apartado **5.2. Propuesta didáctica**. No obstante, hay que tener en cuenta algunos matices, como que se trata de la primera toma de contacto de los estudiantes en materia de biotecnología. Por tanto, la propuesta didáctica no se va a llevar a cabo en este curso.

- Cultura Científica

Mencionar que en este curso también se imparte la asignatura de Cultura Científica (es en el único curso de la ESO donde se transmite), la cual es optativa. Comprende bloques que tienen cierta relación con algunas aplicaciones biotecnológicas, pero en el Real Decreto, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (BOE núm 3, 1105/2015) no aparece la palabra biotecnología de forma expresa.

Por contraposición a la asignatura anteriormente mencionada ésta no permite enmarcar el tema de trabajo en la práctica docente, al no aparecer en el currículo oficial los términos apropiados para el desarrollo de la propuesta educativa.

El contenido específico relacionado con la biotecnología, concretamente el correspondiente con plantas transgénicas que se refleja en el Boletín Oficial de Castilla y León, por el que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del Bachillerato (BOCyL núm 86, 363/2015), aparece en los cursos que se analizarán de forma resumida a continuación.

El Bachillerato tiene un carácter propedéutico, su currículo debe incluir los diversos tipos de contenidos que posibilitan al alumnado abordar con éxito estudios posteriores. Todos estos aspectos deben aparecer dentro del marco teórico-práctico de los contenidos que se estudian y no como meras actividades complementarias.

1º de Bachillerato

- Biología y Geología

La materia se organiza en nueve bloques, ninguno de ellos refleja como contenido la biotecnología, la ingeniería genética o la bioética.

A pesar de que los contenidos no estén muy relacionados con la biotecnología, en esta asignatura se va a llevar a cabo una actividad complementaria a la propuesta didáctica que se explicará más adelante. La actividad se ajusta al bloque número 4 “La biodiversidad”, concretamente al primer contenido de este bloque: “la clasificación y la nomenclatura de los grupos principales de seres vivos” (Anexo 1).

- Cultura Científica

En esta asignatura se va a realizar la propuesta didáctica del presente trabajo.

Los conocimientos adquiridos en 4º de ESO sobre biotecnología se profundizan, analizando con mayor detalle cada uno de ellos.

En el bloque 4 denominado “La revolución genética” se analizan las técnicas modernas de ingeniería genética y su aplicación en la obtención de plantas transgénicas. También se estudia la composición, la estructura y la transmisión de información genética del ADN; las técnicas utilizadas en biotecnología, así como sus aplicaciones (Anexo 2).

Cabe destacar que, además se contemplan los riesgos de la biotecnología, es decir, los aspectos éticos más relacionados con la controversia de la opinión pública en materia de plantas transgénicas, terapia génica, clonación, etc.

No podemos saltar por alto que en el bloque 1 denominado “Procedimientos de trabajo” se trabajan temas como la divulgación en la ciencia, la ciencia en el siglo XXI y la ciencia y la sociedad. Por lo que, en esta materia no se dan conocimientos puramente teóricos ajenos al mundo en el cual estamos inmersos, sino que se busca que el alumno conozca los temas biotecnológicos que están causando estragos en el mundo actual y que comprenda que la teoría aprendida en el aula puede extrapolarse a la vida real.

Esta materia pretende sentar las bases de la biotecnología para afrontar los contenidos de 2º de Bachillerato en asignaturas como Biología.

2º de Bachillerato

- Biología

La propuesta educativa no es posible impartirla en este curso porque los tiempos para cada bloque están calculados y limitados minuciosamente, por lo que cualquier ampliación práctica de una parte del temario puede conllevar que los alumnos no finalicen la totalidad de los contenidos, y por tanto no realicen con éxito la Evaluación de Bachillerato para el Acceso a la Universidad.

Aun así, se van a indicar qué partes del temario competen a la biotecnología. El bloque 3 y 4 poseen una estrecha relación con el tema en cuestión, denominados “Genética y evolución” y “El mundo de los microorganismos y sus aplicaciones. Biotecnología”, respectivamente. Se abordan de manera expresa las nuevas técnicas de investigación en el campo de la biotecnología o de la ingeniería genética (organismos modificados genéticamente), así como la genómica o la proteómica.

En resumen, se va a realizar una propuesta didáctica enmarcada en la asignatura de Cultura Científica para 1º de Bachillerato. En la materia de Biología y Geología de este mismo curso se va a llevar a cabo el desarrollo de una actividad complementaria que fomentará el interés, ayudará a la mejor comprensión de la propuesta y sensibilizará de la problemática ambiental a los alumnos, además de reforzar contenidos en la asignatura de Biología y Geología.

La inclinación por 1º de Bachillerato para realizar la propuesta didáctica se debe a que los alumnos en este curso dominan unos conocimientos previos adquiridos en 4º de ESO, ya sea, por cursar Biología y Geología o Cultura Científica, también puede darse el caso de que un alumno haya cursado ambas asignaturas en el mismo curso, por lo que tendrá un mayor nivel de conocimientos en materia de biotecnología. Por tanto, los alumnos que entran en el primer curso de Bachillerato están familiarizados con el vocabulario biotecnológico y van a tener menos dificultades a la hora de hacer las actividades que se propongan. Otra consideración a tener en cuenta es la edad de los alumnos, comprendida entre los 16 y 17 años, “es una etapa de reflexión en la que distinguen entre lo que es verdadero o falso, disciernen entre varias posibilidades en cualquier cuestión, elaboran filosofías morales, son críticos, se interesan por temas actuales que suscitan revuelo, buscan su identidad (se preguntan ¿quién soy?), etc.” (Jiménez et al., 2015). Es el periodo idóneo para presentarles controversias basadas en el

análisis de diferentes aspectos sobre la biotecnología, y crearles así conflictos cognitivos que sienten la base para un aprendizaje significativo (Martín y Navarro, 2011).

La realización de la propuesta didáctica basada en las plantas modificadas genéticamente, en concreto, en las plantas transgénicas se ajusta a la perfección en la asignatura de Cultura Científica no sólo por los contenidos que se estudian en ella, sino también porque plantea otros aspectos relacionados con la madurez intelectual y la búsqueda de una opinión crítica. Como el propio nombre de la asignatura refleja, es necesario formar en “cultura científica” porque no basta con disponer de información, hay que saber filtrarla e interpretarla para poder tomar decisiones. Por otra parte, también es necesario crear vocaciones científicas que aseguren un futuro de desarrollo. En este sentido, dicha asignatura puede contribuir a conseguir estos objetivos y lograr unos ciudadanos más conocedores de su entorno, más capacitados para desenvolverse en el mundo actual, y capaces de comprender la rápida evolución de la ciencia y la tecnología.

Para finalizar la justificación del trabajo aclarar que la actividad complementaria que se ha mencionado anteriormente se realizará en la asignatura de Biología y Geología del mismo curso (1º Bachillerato), debido a que se acopla mejor a los contenidos impartidos en dicha materia; fomentando así la interdisciplinariedad entre dos asignaturas del mismo curso. Al relacionar diversas materias para la realización de una misma actividad, los alumnos pueden reconocer y valorar la relación existente entre las diversas ciencias y su contribución a la comprensión de la naturaleza y el entorno que nos rodea.

5. METODOLOGÍA

Se ha planificado y desarrollado una metodología dividida en dos bloques de trabajo. En el primer bloque, se persigue conseguir el objetivo número 3 del trabajo: conocer y analizar el nivel de conocimientos previos de los alumnos, la formación que han recibido en el aula y el nivel de motivación acerca de la biotecnología en general y, en particular, de las plantas transgénicas. Con el segundo bloque “Propuesta didáctica”, se pretende alcanzar del objetivo número 4 al número 10 de éste trabajo.

5.1. Conocimientos previos del alumnado

¿Con qué base cuentan los alumnos al iniciar un determinado proceso de aprendizaje?

El concepto de conocimientos previos nos conduce a otro más aproximativo: el aprendizaje significativo. La idea esencial para promover un aprendizaje significativo es tener en cuenta los conocimientos factuales y conceptuales de los goza el alumno, también los actitudinales y procedimentales (López, 2009).

Tal como señala César Coll, «cuando el alumno se enfrenta a un nuevo contenido a aprender, lo hace siempre armado con una serie de conceptos, concepciones, representaciones y conocimientos, adquiridos en el transcurso de sus experiencias educativas previas, que utiliza como instrumentos de lectura e interpretación y que determinan en buena parte qué informaciones seleccionará, cómo las organizará y qué tipos de relaciones establecerá entre ellas» (Coll, 1990).

Estos conocimientos previos no sólo permiten al alumno contactar inicialmente con el nuevo contenido, sino que, además son los fundamentos de la construcción de los nuevos significados, por lo que 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.

Para el psicólogo y pedagogo Ausubel, la clave del aprendizaje significativo está en la relación que se pueda establecer entre el nuevo material y las ideas ya existentes en la estructura cognitiva del sujeto (López, 2009).

Por lo tanto, el primer día que el profesor entra en el aula y contacta con los chicos, debe plantearse y resolver la cuestión formulada al comienzo de éste punto anteriormente a preocuparse por explicar cualquier aspecto relacionado con la materia a impartir, por ejemplo,

cómo va a evaluar los contenidos de la asignatura. Es necesario que el educador conozca los conocimientos iniciales de sus alumnos y cómo éstos saberes van a interactuar con la nueva información que recibirán mediante los materiales de aprendizaje o por las explicaciones del docente, para poder organizar y planificar, en consecuencia, la enseñanza del nuevo contenido.

Una vez que el docente es conocedor del nivel de conocimientos que poseen los alumnos puede marcar el ritmo del proceso de enseñanza-aprendizaje, sabiendo en qué puntos del temario tiene que ir más pausadamente, en cuáles es necesario explicar algunos conceptos que ya se deberían haber visto en el curso anterior, etc.

5.1.1. Test de opción múltiple: contexto.

Visto que, es de suma importancia conocer los conocimientos de los que disponen los educandos antes de desempeñar cualquier tipo de práctica educativa, es elemental seleccionar y emplear una prueba apropiada para ello.

El test de lagunas y el de opción múltiple son dos pruebas indirectas que se utilizan para evaluar los conocimientos de forma objetiva y el grado de control lingüístico de los estudiantes. Pero, ¿cuál nos permite conocer mejor el nivel de conocimientos previos que tienen alumnos?.

El test *cloze* es una forma abreviada de la expresión de origen francés *closure* que significa cierre. Es un ejercicio en el cual el sujeto debe insertar una serie de palabras que han sido omitidas de manera sistemática en un texto escrito y reemplazadas por espacios en blanco o líneas de extensión regular. Es un procedimiento que obliga al lector a utilizar su bagaje cognoscitivo, su conocimiento previo del tema y el contexto semántico que rodea la palabra buscada (Condemarín y Milicic, 1990). Los alumnos completan los huecos en blanco basándose en sus conocimientos y experiencias previas.

El test de opción múltiple constituye una de las pruebas más utilizadas en la medición de conocimientos porque posibilita que el evaluador las pueda corregir de manera objetiva (Lucha y Baerlocher, 2011). Consta de una serie de preguntas con varias posibles respuestas, de las cuales una es la correcta y las restantes son parcialmente correctas (verosímiles). Éste tipo de test debe ser diseñado de manera que sólo haya una respuesta correcta, aumentando así la fiabilidad y validez de los resultados.

En el trabajo realizado por Lucha y Baerlocher en 2011 se concluye que los estudiantes cuando son evaluados mediante un test de opción múltiple obtienen mejores resultados que cuando son evaluados mediante un test de lagunas. En éste estudio han colaborado 44 alumnos, los cuales han realizado ambas pruebas escritas sobre un tema en concreto. Tras el análisis de los resultados mediante pruebas estadísticas como la Z de Kolmogorov-Smirnov, la U de Mann-Whitney, entre otras, se concluye la premisa expuesta al principio de la oración. El número de errores en el test de lagunas fue significativamente mayor que en el test de opción múltiple aun siendo las mismas preguntas plasmadas de diferente manera en el papel. Esto es así porque mientras que en los test de opción múltiple los alumnos sólo tienen que reconocer la forma (respuesta) adecuada, en los test de lagunas tienen que producirla.

Para analizar, por tanto, el nivel de conocimientos con los que el alumnado accede a la asignatura de Cultura Científica en el primer curso de Bachillerato se realiza un test de opción múltiple (**Anexo 3**).

Esta prueba se realiza el 20 de marzo de 2018 a los alumnos del primer curso de Bachillerato de la modalidad de Ciencias del IES Juan de Juni de Valladolid. Un total de 48 alumnos repartidos entre dos cursos de 1º de Bachillerato (21 en un curso y 27 en otro) realizaron el test, el cual, tiene un carácter anónimo.

Todos los alumnos que realizaron la prueba habían cursado en el curso anterior la asignatura de Biología y Geología y 41 de los 48 alumnos habían cursado la asignatura específica de Cultura Científica, es decir, un 85,42% del total. Además de haber cursado la gran mayoría ambas asignaturas en 4º de ESO, en esta ocasión, los 48 alumnos habían optado por cursar las dos asignaturas en 1º de Bachillerato.

Podemos concluir, por tanto, que la totalidad de alumnos están interesados por el campo de las ciencias.

5.1.2. Test de opción múltiple: objetivos y contenido

Subrayar que la motivación de la realización de esta prueba es hacer una evaluación inicial para comprobar qué grado de conocimientos poseen los alumnos en referencia a la biotecnología y las plantas transgénicas. Adicionalmente, se han incluido cinco preguntas al final del test para estar al tanto del tipo de formación que han recibido en el curso anterior y para saber el nivel

de motivación que presentan los alumnos frente a la propuesta didáctica que va a tener lugar en 1º de Bachillerato. Dicha prueba no será evaluable dentro de las calificaciones de la asignatura.

El test consta de 16 preguntas, el contenido de las preguntas que se plantean se puede diferenciar en 4 bloques:

- **Bloque 1**: formado por las 11 primeras preguntas, las cuales, están enfocadas a comprobar los conocimientos que los alumnos han adquirido sobre biotecnología en 4º ESO. Haciendo hincapié en los organismos genéticamente modificados y en los organismos transgénicos, para apreciar si diferencian ambos términos o mezclan conceptos.
- **Bloque 2**: estaría formado por la pregunta número **12** que se focaliza en saber de qué modo se han impartido las clases dedicadas a dar los contenidos de biotecnología en 4º ESO.
- **Bloque 3**: compuesto por las cuestiones **13** y **14**. Orientan al profesor sobre las preferencias y opiniones que tienen los educandos con relación a los alimentos transgénicos.
- **Bloque 4**: conformado por las dos últimas preguntas (**15** y **16**). Nos indican el interés de los encuestados de cara a las plantas transgénicas, tema sobre el que versará la propuesta didáctica de este trabajo.

En las 11 primeras preguntas sólo hay una respuesta correcta. Por el contrario, en las 5 últimas preguntas (**12, 13, 14, 15** y **16**) no hay sólo una posible respuesta válida, ya que, las cuestiones son de carácter personal, según la opinión, motivación y experiencia previa de cada alumno.

5.1.3. Análisis del test

El análisis de los resultados se realizará de acuerdo a los 4 bloques que se pueden ver en el apartado **5.1.2. Test de opción múltiple: objetivos y contenido.**

Primer bloque:

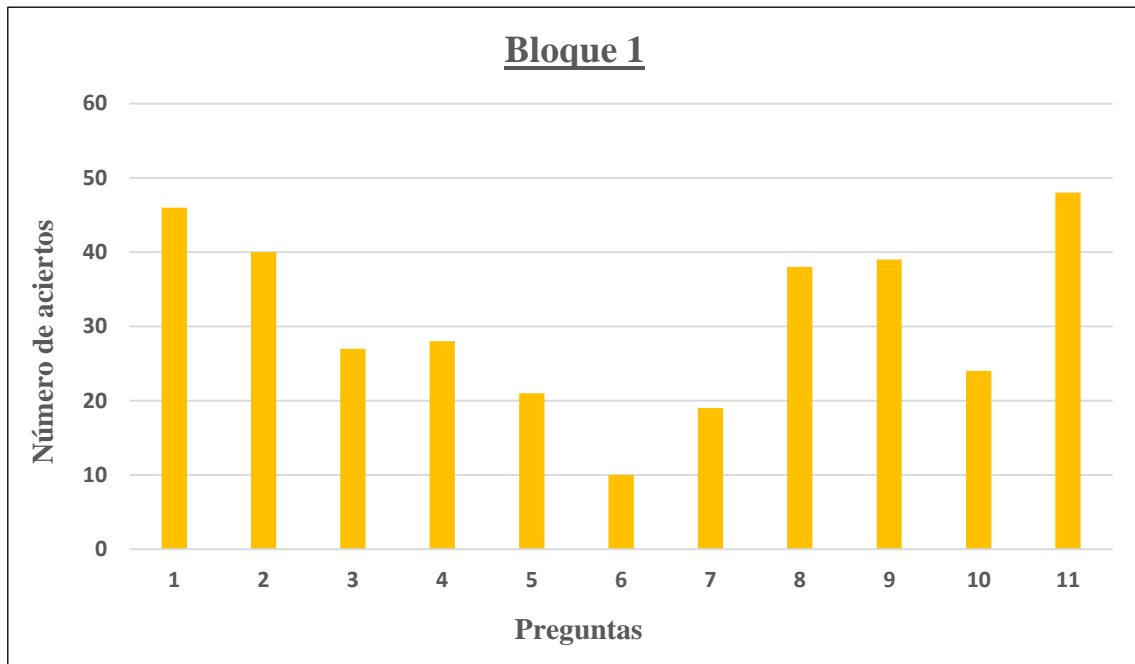


Gráfico 1: Número de aciertos por cada pregunta del **Bloque 1** del test.

Respuesta correcta: 1.c; 2.a; 3.b; 4.c; 5.c; 6.c; 7.a; 8.c; 9.b; 10.d; 11.a.

El primer bloque del test se va a analizar en dos partes, por un lado las preguntas acertadas por menos de la mitad o la mitad de los alumnos, y por otro lado las preguntas acertadas por más de la mitad de los encuestados.

Según se recoge en el **Gráfico 1**, las preguntas acertadas por la mitad o menos de la mitad de los alumnos encuestados han sido la número **5, 6, 7, y 10**. Seguidamente se muestra cada una de estas preguntas con sus respectivas soluciones subrayadas.

5. Los organismos genéticamente modificados:

- Sólo se forman si se quita un gen a un organismo.
- Sólo se forman cuando se añade un gen a un organismo.
- Son producidos por aplicación de la ingeniería genética.
- Se formar por mutación.

6. Los organismos transgénicos:

- a. Son todos los organismos genéticamente modificados.
- b. Se producen por selección natural.
- c. Se forman por modificación del genoma de un ser, con genes de otra especie.
- d. Se forman por modificación del genoma de un ser, con genes de su misma especie.

7. Algunos organismos transgénicos podrían paliar las deficiencias alimenticias porque:

- a. Se añaden genes que aumentan el valor nutritivo.
- b. Son resistentes a antibióticos.
- c. Son resistentes a herbicidas.
- e. Son resistentes a insectos.

10. En la industria alimentaria, la aplicación de los productos formados por organismos genéticamente modificados produce:

- a. Cáncer.
- b. Más gastos y menos beneficios.
- c. Riesgos para el sistema circulatorio.
- d. Mayor productividad.

El factor común que tienen estas 4 cuestiones menos acertadas por los alumnos, son los OMG. Deducimos, por tanto, que los conocimientos previos que han construido los sujetos con respecto a este tema no poseen validez científica, es decir, son teóricamente erróneos.

Como ejemplo, vamos a destacar la pregunta con menor cifra de aciertos, la número 6. Tan sólo 10 de los 48 alumnos sometidos al test escogieron la respuesta correcta, el resto de respuestas se repartieron entre la opción a (elegida por 29 alumnos) y la opción d (elegida por 9 alumnos). La inmensa mayoría al elegir la opción a, piensa que los organismos transgénicos son todos los organismos genéticamente modificados. Debido a lo cual, se confirma que los alumnos tienen unos conocimientos contradictorios o ideas previas total o parcialmente equivocadas en relación a este contenido en cuestión.

Por consiguiente, esta pregunta nos permite identificar en qué contenidos los educandos tienen una base menos sólida. Concretamente en este caso, sabemos que los alumnos no son capaces de diferenciar entre los organismos genéticamente modificados y los organismos transgénicos. Al confundir y desordenar ambos conceptos mezclan otros, como por ejemplo, de qué modo se

obtiene o produce cada uno ellos, etc. Esto desencadena que también se confundan en las preguntas **5 y 7**.

Está en la labor del profesor aclararles que todos los transgénicos son OMG, pero no todos los OMG son transgénicos. Al igual que los transgénicos son los organismos genéticamente modificados a los que se les han añadido genes de otra especie y los OMG a los que simplemente se les inhibe o potencia la expresión de uno de sus genes, etc.

Al detectar qué conocimientos previos son pobres, desorganizados o erróneos, el docente puede entonces hacer mayor énfasis en los mismos. Identificando un punto de partida para adaptar y desarrollar la posterior programación didáctica mediante el conocimiento previo de sus alumnos.

La pregunta número **10** la han acertado la mitad de los alumnos, pero lo más destacable es el hecho de que los 24 alumnos restantes considera que en la industria alimentaria, la aplicación de los productos formados por organismos genéticamente modificados producen cáncer (opción a, elegida por 13 alumnos) o que producen riesgos para el sistema circulatorio (opción c, escogida por 11 alumnos).

Según se recoge en el *Gráfico 1*, las preguntas acertadas por más de la mitad de los alumnos encuestados han sido la número **1, 2, 3, 4, 8, 9 y 11**. Seguidamente se muestra cada una de estas preguntas con sus respectivas soluciones subrayadas.

1. Los procesos biotecnológicos.

- a. Se han conseguido en los últimos 2 años.
- b. Son realizados sólo por los organismos transgénicos.
- c. Se aprovechan desde hace más de 6.000 años.
- d. Nada más que pueden realizarse en un laboratorio.

2. Se han obtenido mejores resultados en vegetales que en animales en la aplicación de la biotecnología porque:

- a. Las células de los vegetales pueden ser totipotentes.
- b. Se obtiene más descendencia en vegetales.
- c. Las crías de los animales son muy débiles.
- d. Los animales son más complicados de criar.

3. Marca la opción correcta:

- a. El fin de la biotecnología consiste en aumentar el número de organismos transgénicos.
- b. El pan es un alimento obtenido por biotecnología.
- c. La biotecnología es utilizada desde hace muy poco tiempo.
- d. La biotecnología es una disciplina que recoge el conocimiento de una sola ciencia.

4. La mejora genética de las especies por biotecnología:

- a. Se ha realizado desde siempre por selección artificial.
- b. La produce la selección natural.
- c. Se consigue modificando el genoma de los organismos seleccionados.
- d. Se consigue mediante cruzamientos seleccionados entre individuos escogidos.

8. Las enzimas de restricción

- a. Actúan sobre secuencias al azar.
- b. Actúan sobre la célula anfitriona.
- c. Actúan cortando secuencias de restricción.
- d. Actúan solamente sobre el vector.

9. Un medio de enriquecimiento:

- a. Permite el crecimiento de un tipo de microorganismo, inhibiendo el desarrollo de los demás.
- b. Favorece el crecimiento de un grupo de microorganismos, sin inhibir el de los otros.
- c. Impide el crecimiento de los microorganismos.
- d. La respuesta a y b son correctas.

11. ¿Los organismos genéticamente modificados son aceptados por toda la sociedad?

- a. No.
- b. Sí, porque pueden ser comercializados libremente.
- c. Sí, porque se pueden liberar al medio ambiente.
- e. Son aceptados por el 95% de la población.

Al ser las preguntas con mayor número de aciertos, se entiende que los conocimientos que abarcan cada una de ellas son controlados por los alumnos.

La pregunta número **1** al ser acertada por casi la totalidad de alumnos (46/48), se interpreta claramente que los conocimientos previos que han construido los sujetos con respecto al origen del aprovechamiento de los procesos biotecnológicos son teóricamente correctos. Del mismo modo ocurre con la pregunta número **11**, la cual ha obtenido la máxima puntuación (totalidad de alumnos, 48/48); nos revela que los educandos son plenamente conscientes de la existente polémica a nivel mundial sobre los OMG, y por tanto de que éstos no son aceptados por toda la sociedad. Es de interés para el profesor tener constancia de que sus alumnos son sabedores de la agitación pública que hay sobre un determinado tema de estudio, para encauzar determinados contenidos de la biotecnología como, por ejemplo, la ingeniería genética o el consumo de transgénicos, con el debate social actual.

En cuanto a las cuestiones **2, 8 y 9** han sido acertadas por 40, 38 y 39 alumnos, respectivamente. Como podemos observar ambas preguntas han tenido prácticamente la misma puntuación, la cual, es bastante alta para tratarse de una parte del test que analiza los conocimientos previos que los alumnos han asimilado del curso anterior. De manera que, podemos decir que la base que el alumno ha construido previamente es adecuada para continuar construyendo nuevos significados. Los temas que exponen estas preguntas y que la mayor parte del conjunto de encuestados ha superado con éxito son: el por qué se obtienen mejores resultados en vegetales que en animales en la aplicación de la biotecnología: diferencia entre células vegetales y animales; el papel de las enzimas de restricción y el de los medios de enriquecimiento.

Las preguntas **3 y 4** han sido acertadas por poco más de la mitad de los encuestados, 27 y 28 aciertos respectivamente. Es relevante indicar que tanto la cuestión **3**, como la **4**, vuelven a tratar temas relacionados con los organismos genéticamente modificados. Concretamente, en la número **3**, los 21 alumnos que fallaron la pregunta marcaron la opción a. *El fin de la biotecnología consiste en aumentar el número de organismos transgénicos*, y en la número **4**, los 20 alumnos que fallaron la respuesta correcta no sabían que la mejora genética de las especies por biotecnología se consigue modificando el genoma de los organismos seleccionados.

De tal forma que, al detectar en éste **Bloque 1** que los conocimientos previos relacionados con los organismos genéticamente modificados están desorganizados o erróneos y éstos pueden dificultar de manera notable los procesos de enseñanza y aprendizaje de los nuevos contenidos, es conveniente solucionarlo mediante el diseño y la realización de actividades encaminadas a aclarar aquellos aspectos que suponen mayor dificultad para el alumno.

Segundo bloque:

A continuación, se adjunta la pregunta número 12 del test. El 100% de los alumnos han seleccionado la opción a.

12. ¿Has realizado alguna actividad en relación con la biotecnología fuera del aula en 4º de ESO (laboratorio, campo, etc.)?

- a. Ninguna, la totalidad de las clases eran teóricas.
- b. 1.
- c. 2-3.
- d. 4 o más.

Conocemos, por tanto, que ningún alumno ha realizado actividades en relación con la biotecnología fuera del aula en 4º ESO, es decir, la totalidad de clases han sido magistrales.

Bien es cierto que las clases magistrales corresponden a la forma tradicional de enseñanza universitaria, prácticamente desde la fundación de las primeras universidades en el siglo XI (Giménez, 2014). Son tan universales que cualquier joven profesor suele recurrir, cuando se enfrenta por primera vez a su nueva responsabilidad docente, a las clases magistrales recibidas, como primer material de trabajo. Pero esto no justifica que el 100% de las clases se impartan de forma magistral, hay que evitar que este acontecimiento suceda en los institutos.

Hay que tener presente algunos inconvenientes, como:

- El rol pasivo que el estudiante adopta frente a éste método docente.
- La falta de participación de una fracción importante de la clase.
- Reduce la búsqueda de información por parte del estudiante.
- No favorece la responsabilidad del estudiante sobre su propio proceso de formación.
- Dificulta la reflexión sobre el aprendizaje.

Este hecho no puede pasar desapercibido por el docente, hay que complementar las clases magistrales con otras prácticas educativas que posibiliten el aprendizaje significativo de aspectos fundamentales de la biotecnología. Es vital para los alumnos escapar de la rutina habitual de las clases y trasladar los conocimientos adquiridos en el aula, al mundo real.

Tercer bloque:

En éste bloque de cuestiones, se les preguntó:

P13. ¿Prefieres que la biotecnología se emplee en biomedicina o para fabricar alimentos transgénicos?

P14. ¿Crees que el consumo de plantas transgénicas supone un peligro para la salud de las personas?

Se busca conocer el acuerdo o el desacuerdo con opiniones basadas en algunos de los temas que, suscitan mayor polémica en la opinión pública en relación a las aplicaciones de la biotecnología como, por ejemplo, el consumo de transgénicos en la **P14**.

Según se recoge en el **Gráfico 2**, la mayoría de alumnos prefieren que la biotecnología se utilice en biomedicina antes que en la fabricación de alimentos transgénicos. Esto es así, porque los chicos cuando oyen hablar de biomedicina lo asocian a que puede reportar mejoras en la salud como, por ejemplo, la cura de enfermedades. Mientras que, cuando escuchan hablar de alimentos transgénicos al no tener una opinión formada sobre el mismo, muchos de ellos se dejan influenciar por las opiniones del entorno que les rodea. La mayor parte de éstas opiniones afirman que el consumo de transgénicos supone un peligro a largo plazo para la salud de los consumidores.

Este planteamiento se ratifica con los datos recogidos en el **Gráfico 3**, dónde se puede observar que la mitad de los encuestados cree que el consumo de plantas transgénicas supone un riesgo para la salud humana. Éstos alumnos, han tomado contacto con la biotecnología en cuarto de Educación Secundaria Obligatoria por primera vez, por lo que, no tienen los conocimientos suficientes para formar una opinión tan negativa sobre los efectos de los alimentos transgénicos en el consumidor, es por esto, que se presupone que han incidido en ellos opiniones externas del día a día.

También hay que tener presente, que el 20% dice no saber si el consumo de plantas transgénicas supone un peligro o no para la salud. Se demuestra una vez más la necesidad de trabajar éstos temas en el aula.

Ahondando un poco más en el tema, apuntamos como la **P14** de éste bloque coincide a la perfección con la **P10** del **Bloque 1**. Haciendo memoria en la **P10**, 13 alumnos consideraban que en la industria alimentaria, la aplicación de los productos formados por organismos genéticamente modificados producen cáncer y 11 alumnos pensaban que producen riesgos para el sistema circulatorio. La suma de ambos alumnos hace un total de 24 que corresponde con la mitad de los encuestados, al igual que en la **P14** donde el 50% de los encuestados opina que el consumo de plantas transgénicas supone un peligro para la salud de las personas. Comprobamos por ello, que los alumnos no han respondido en ningún momento al azar y que realmente creen que el consumo de transgénicos produce efectos nocivos en el organismo.

Si continuamos analizando el **Gráfico 2**, podemos ver que en la pregunta **13** se da la opción de no emplear la biotecnología en ningún campo de estudio, pero ninguno de los sujetos ha marcado esta posibilidad. En consecuencia, se concluye que la opinión de los alumnos es a favor del avance de la ciencia en el área de la biotecnología.

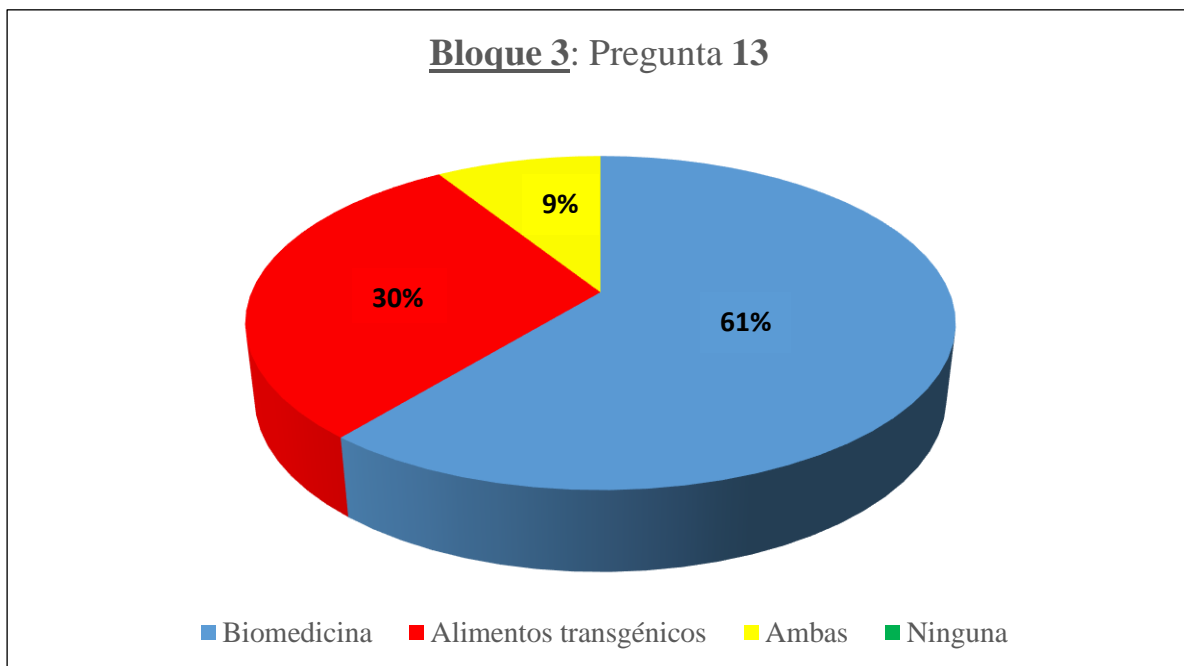


Gráfico 2: Porcentaje de respuestas de la pregunta número **13** del test.

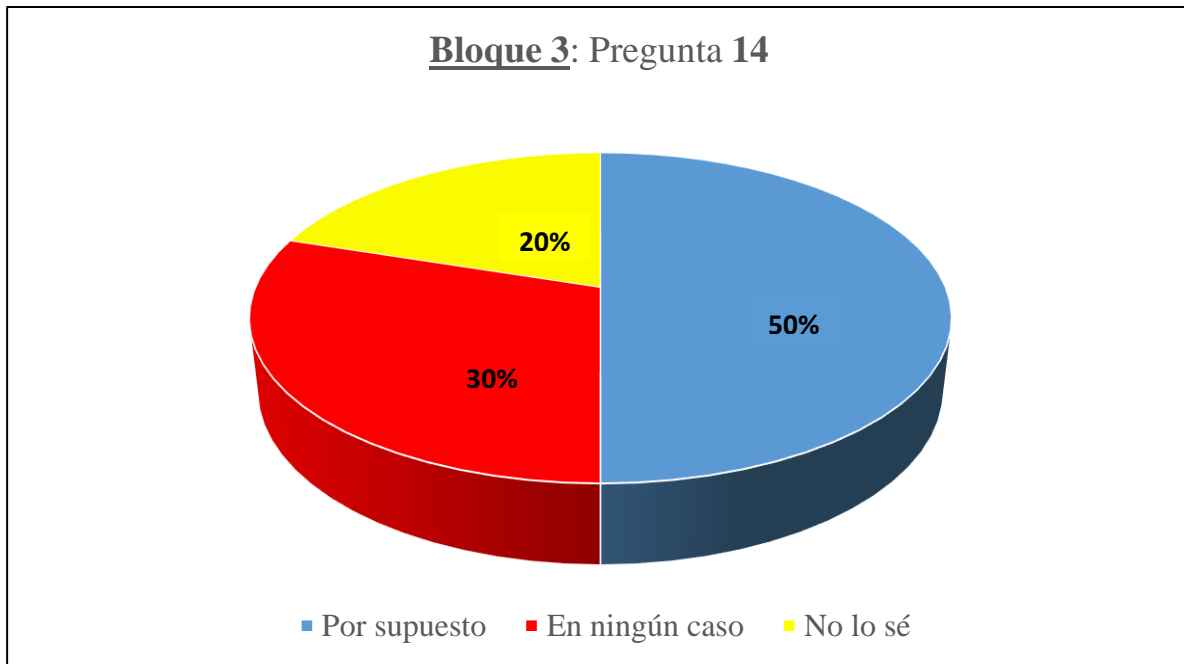


Gráfico 3: Porcentaje de respuestas de la pregunta número **14** del test.

Cuarto bloque:

Seguidamente se incluyen las dos preguntas que comprenden éste último bloque. El 100% de los alumnos han seleccionado la opción que se encuentra marcada en cada pregunta.

15. ¿Conoces cómo se elabora una planta transgénica?

- a. **No, pero me gustaría aprender.**
- b. Sí.
- c. No, no me interesa.
- d. Sí, pero no quiero hacer esta actividad.

16. ¿Te gustaría saber más sobre las plantas transgénicas?

- a. **Sí, me interesa el tema.**
- b. Regular.
- c. Me es indiferente.
- d. En absoluto.

Como se ha mencionado en alguna ocasión durante el trabajo, la propuesta didáctica va a estar enfocada en las plantas transgénicas. Es por esto, que la pregunta **15** y **16** se han formulado para saber el grado de interés que los alumnos tienen de cara éste tema. El resultado confirma que quieren tener más conocimientos acerca de las plantas transgénicas (**P16**) y que les gustaría aprender a obtenerlas (**P15**).

La realización del test de opción múltiple ha influido de manera decisiva en la elección de la propuesta didáctica. Esto es así, porque durante la corrección y análisis del test se han identificado una serie de carencias tanto conceptuales como prácticas que es necesario suplir.

Una vez analizados los conocimientos previos que presentan los chicos y sabiendo que los relacionados con los OMG están desorganizados o erróneos, difícilmente podrán comprender cualquier aspecto relacionado con las plantas transgénicas si no han comprendido anteriormente el concepto de organismos genéticamente modificados. “Las ideas de los alumnos, aunque sean erróneas, no constituyen obstáculos sino vehículos a partir de los cuales se edificarán los nuevos conceptos” (López, 2009, p.13).

Entonces, para que los alumnos puedan comprender nuevos conceptos sobre las plantas transgénicas, es necesario estructurar previamente los conocimientos que no estén organizados como, por ejemplo, cuál es el fin de la biotecnología, la definición de organismos modificados genéticamente, cómo se obtienen los organismos transgénicos, etc. De manera que, dispongan de una cultura científica que les permita formar opiniones fundamentadas y no se dejen influenciar por las opiniones del entorno.

Además, como hemos podido comprobar, la realización de actividades prácticas que pongan en marcha los conocimientos biotecnológicos adquiridos en el aula han brillado por su ausencia en 4º de ESO. Para cambiar esta dinámica, la propuesta que se va a desarrollar en el apartado **5.2. Propuesta didáctica** supone una concepción activa del proceso de enseñanza.

5.2. Propuesta didáctica

Tal como se ha comentado en el apartado **2.3. La biotecnología en la educación**, el número de alumnos interesados por continuar estudiando ciencias después de la ESO cada vez es menor. Este descenso se debe fundamentalmente a razones complejas, pero básicamente es debido a la enseñanza tradicional en ciencias, ya que normalmente, los programas están sobrecargados de contenidos, los cuales no siempre están actualizados. Además, no se establecen relaciones entre los conocimientos adquiridos en el aula y cómo se pueden aplicar en situaciones reales, y la mayoría del profesorado imparte clases expositivas sin tener en cuenta actividades de observación y experimentación, o siendo el número de ellas muy pequeño.

Para evitar que siga ocurriendo, se deben realizar esfuerzos por cambiar la dinámica de las clases. Haciendo de la ciencia, una rama de estudio atractiva para los alumnos.

La propuesta didáctica detallada en este punto, implica una concepción dinámica de la enseñanza, dirigida a sujetos activos y capaces de participar eficientemente en la adquisición de nuevos contenidos.

5.2.1. Contexto didáctico

La propuesta didáctica de nombre “*Plantas transgénicas*” está preparada para la asignatura de Cultura Científica del primer curso de Bachillerato. Dicha propuesta se puede realizar en cualquier Instituto de Educación Secundaria (IES) Castellanoleonés donde se imparta el tramo no obligatorio (Bachillerato).

Los contenidos se ajustan a la legislación vigente para Cultura Científica de 1º de Bachillerato (BOE núm 3, Real Decreto 1105, 2015; BOCyL núm 86, Orden Educativa 363, 2015). Estos contenidos pertenecen al bloque 4 denominado “La revolución genética” (**Anexo 2**).

En la materia de Biología y Geología de este mismo curso se va a llevar a cabo el desarrollo de una actividad complementaria. Los contenidos de la actividad se ajustan a la legislación vigente para Biología y Geología de 1º de Bachillerato (BOE núm 3, Real Decreto 1105, 2015; BOCyL núm 86, Orden Educativa 363, 2015). Estos contenidos competen al bloque número 4 “La biodiversidad”, concretamente al primer contenido de este bloque: “la clasificación y la nomenclatura de los grupos principales de seres vivos” (**Anexo 1**).

Para el mencionado curso, la carga lectiva que corresponde a la asignatura Cultura Científica es de 2 horas semanales y para Biología y Geología es de 4 horas semanales.

Tal como se indica en el epígrafe **4. Justificación**, la legislación autonómica plantea en sus contenidos para Cultura Científica de 1º de Bachillerato el estudio de la biotecnología moderna desde la comprensión de la genética (composición y transmisión de información del ADN, etc.) y su desarrollo, analizando las técnicas de recombinación de ADN e ingeniería genética, hasta llegar a su aplicación en la obtención de transgénicos. También se analizan las implicaciones éticas de la aplicación de las plantas transgénicas.

En relación a la temática de la propuesta, los conocimientos previos de los alumnos hasta la fecha, incluyen la molécula de ADN, las técnicas de recombinación de ADN, conceptos como los organismos genéticamente modificados o la ingeniería genética y algunas de las técnicas y aplicaciones de los transgénicos. Además de ciertos aspectos relacionados con la bioética, trabajados en la asignatura de Biología y Geología en 4º de E.S.O.

Bien es cierto, que con la realización del test se ha demostrado que los conocimientos previos relacionados con los organismos genéticamente modificados son insuficientes, por lo que esta propuesta está encaminada a aclarar y estructurar los conceptos biotecnológicos necesarios, para comprender posteriormente las técnicas usadas en la elaboración de plantas transgénicas, siguiendo la metodología de trabajo científico como hilo conductor.

Se busca la profundización en el tema desde una perspectiva que se enfoque hacia la opinión crítica y la madurez personal del alumno.

5.2.2. Objetivos

Los objetivos que se plantean a la hora de llevar a cabo las experiencias educativas acerca de las plantas transgénicas son los siguientes:

Objetivos generales de la propuesta:

1. Reforzar los conocimientos previos que suponen una mayor complejidad para el alumno, y de esta forma poder comprender mejor las nuevas informaciones que se expongan en el aula, favoreciendo así una docencia constructivista.

2. Estructurar y organizar los contenidos según se vayan a impartir en el aula.
3. Adquirir conceptos básicos sobre biotecnología, ingeniería genética, OMG y el ADN que posibiliten el entendimiento de la elaboración de una planta transgénica.
4. Poner de manifiesto las relaciones entre las plantas transgénicas y sus aplicaciones biotecnológicas.
5. Analizar las diferencias entre las plantas modificadas genéticamente y las plantas silvestres.
6. Motivar al alumnado hacia un aprendizaje significativo mediante actitudes reflexivas, analíticas y críticas, fomentando la capacidad de razonamiento crítico ante debates sociales que puedan surgir en el seno de la opinión pública.
7. Aprender la metodología del trabajo científico.
8. Proporcionar a los alumnos información relacionada con la temática de estudio, que les facilite la resolución de cuestiones de índole científico.
9. Aprender a analizar y sintetizar la información disponible.
10. Involucrar al alumnado en la divulgación de la ciencia a través de una conferencia que difunda los conocimientos adquiridos durante la propuesta.

Además de estos objetivos generales, cada una de las actividades que forman parte de la propuesta tienen unos objetivos específicos asociados:

Actividades de aula:

Las pequeñas actividades que se realicen en el aula tienen por objetivo:

- Ayudar a comprender mejor los contenidos.

Actividades fuera del aula:

Por un lado la actividad principal de la propuesta: “Obtención de plantas a partir de una célula” que tendrá lugar en la asignatura Cultura Científica, tiene como objetivos:

- Conseguir que el alumno se familiarice con la búsqueda de información científica.
- Obtener una planta a partir de una célula.
- Conocer cómo se produce una planta transgénica.

- Despertar el interés por las plantas transgénicas y continuar trabajando sobre ellas, incentivando la inquietud por el aprendizaje autónomo.
- Adquirir una disciplina de trabajo en el laboratorio.

Por otro lado la actividad complementaria: “Mini herbario” que tendrá lugar en la asignatura de Biología y Geología, tiene como objetivos:

- Promover la participación del alumnado a través de la actividad manual, fomentando la actividad psicomotriz y dinamizando los contenidos vistos en clase.
- Ayudar a la mejor comprensión de la propuesta y fomentar el interés por la misma.
- Reforzar contenidos en la asignatura de Biología y Geología.
- Sensibilizar de la problemática ambiental a los alumnos y promover el respeto por la naturaleza.

Ambas actividades establecen un nexo conector entre los conocimientos adquiridos en el aula y sus posibles aplicaciones de cara a un futuro laboral.

5.2.3. Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje

Los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables referentes a la asignatura Cultura Científica se recogen en el **Anexo 2** y los referentes a Biología y Geología se recogen en el **Anexo 1**.

5.2.4. Competencias

Se van a trabajar una serie de competencias clave que se recogen en el Boletín Oficial del Estado, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato (BOE núm 25, 65/2015).

Competencia en comunicación lingüística: es la habilidad para el dominio de la lengua, es decir, expresar y entender ideas para interactuar con otras personas tanto de manera escrita como oral. Esta competencia se aplicara a través de la lectura de artículos y la síntesis de los mismos; un

informe que los alumnos tendrán que realizar una vez acabada la actividad como sistema de comunicación de resultados, y mediante la realización de conferencias (divulgación científica).

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología: la primera parte se refiere a las aptitudes para utilizar el razonamiento matemático en la resolución de cuestiones de la vida cotidiana; la segunda parte “competencias básicas en ciencia” se centra en las capacidad de utilizar la metodología y el conocimiento científico para poder aprender la realidad que nos rodea; y la última parte, “competencias básicas en tecnología”, se basa en cómo aplicar esos conocimientos y métodos aprendidos para obtener unos resultados de los deseos y necesidades humanas. Durante el desarrollo de la propuesta se trabaja específicamente ésta competencia, debido a la construcción de nuevos conocimientos y a la puesta en práctica de los mismos (actividad de laboratorio o de campo) para poder aprender la realidad que nos rodea.

Competencia digital: implica el uso creativo, crítico y seguro de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para alcanzar los objetivos relacionados con el trabajo, la empleabilidad, el aprendizaje, el uso del tiempo libre, la inclusión y participación en la sociedad. La competencia digital se va a utilizar al principio de la actividad “Obtención de plantas a partir de una célula”, pues los alumnos van a tener 2 sesiones de preparación en el aula de informática destinadas a la búsqueda de información sobre la temática que se va a abordar, es decir, sobre la obtención de plantas a partir de una célula y qué pasos habría que modificar para obtener plantas transgénicas, entre otras preguntas.

Aprender a aprender: es fundamental para el aprendizaje permanente que se produce a lo largo de la vida. Se basa en el desarrollo de la capacidad del alumno para el inicio del aprendizaje y la persistencia en este. La motivación es uno de los factores sustanciales y gracias a esto, depende la generación de la curiosidad y la necesidad de aprender, para que el estudiante se crea el protagonista del proceso y el resultado de su aprendizaje. Esta competencia va a ir relacionada con la anterior, puesto que en el laboratorio se va a llevar a cabo la obtención de plantas a partir de una célula. Una vez obtenida la planta, los alumnos van a deducir, entre todos, qué pasos habría que incorporar al proceso para fabricar plantas transgénicas según la información recopilada en las sesiones de informática más la teoría explicada en clase, lo cual fomenta la curiosidad por el aprendizaje, así como la atracción y el entusiasmo por realizar dicha práctica. Esta competencia también se fomenta con la realización de mapas conceptuales y *mind map*.

Competencias sociales y cívicas: son las capacidades para relacionarse con las personas, de una manera activa, participativa y democrática tanto en la vida social como en la cívica. Se lleva a cabo mediante la interacción alumno-alumno, alumno-profesor como, por ejemplo, en la actividad de campo (por grupos), dónde se enseñará a los alumnos el respeto por la naturaleza, y cómo es necesario entender que hay que conservar las plantas.

Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor: es el desarrollo de las habilidades necesarias para transformar las ideas en actos. Ello significa adquirir conciencia de la situación a intervenir o resolver, y saber elegir, planificar y gestionar los conocimientos, destrezas y actitudes con criterio propio, con la finalidad de alcanzar la meta prevista. El sentido de la iniciativa y el espíritu emprendedor se estimula mediante la actividad de laboratorio, pues se despierta el interés por realizar plantas transgénicas, y es probable que un alumno en un futuro se dedique a la agricultura y quiera cultivar plantas transgénicas en lugar de otra variedad de plantas.

5.2.5. Marco legislativo

La legislación concreta que se ha tenido en cuenta para la realización de este proyecto es la siguiente:

- Orden Educativa 363/2015, 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. Boletín Oficial de Castilla y León. Castilla y León, 8 de mayo de 2015, núm. 86, pp. 32051- 32480.
- 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. 32481- 32984.
- 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 65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 29 de enero de 2015, núm. 25, pp. 6986-7003.

5.2.6. Fundamento conceptual o teórico

Los contenidos que se van a transmitir otorgan al alumnado los conocimientos necesarios para la comprensión de información biotecnológica y la toma de decisiones en temas de actualidad. Dichos contenidos se ajustan a la legislación estatal y autonómica vigente.

En la exposición de la teoría se tendrá en cuenta los saberes previos que menos dominan los alumnos para hacer mayor énfasis en los mismos, 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. Se realizarán cuantas aclaraciones sean pertinentes.

Pese a que los contenidos que se van a impartir en la asignatura de Cultura Científica vienen recogidos y marcados en el **Anexo 2**, para cumplir los objetivos de la propuesta, se ha planteado la siguiente secuencia didáctica compuesta de 3 puntos que se desarrollará en el siguiente orden:

1. La biotecnología y la ingeniería genética.

- 1.1. Definición y tipos de biotecnología.
- 1.2. Aplicaciones de la biotecnología.
- 1.3. Definición de ingeniería genética.
- 1.4. Técnicas de la ingeniería genética.
 - 1.4.1. La secuenciación del ADN.
 - a. Definición.
 - 1.4.2. La tecnología del ADN recombinante.
 - a. Definición.
 - b. Secuencia de pasos.
 - c. Aplicaciones.
- 1.5. Definición y tipos de OMG.
- 1.6. Técnicas de obtención de OMG: tipos y concepto.
- 1.7. Incidencia de los OMG en la salud.

2. El ADN

- 2.1. La molécula de ADN, su composición química y estructura.
- 2.2. La replicación, transcripción y traducción del material genético.
- 2.3. Transmisión de información genética del ADN: los genes.

- 2.4. La organización del material genético: los cromosomas.
- 2.5. La herencia genética y el papel de la recombinación.

3. Plantas transgénicas

- 3.1. Definición de plantas transgénicas.
- 3.2. Aplicaciones biotecnológicas de las plantas transgénicas.
- 3.3. Métodos de obtención de plantas transgénicas.
 - 3.3.1. Transferencia genética con protoplastos.
 - a. Definición.
 - b. Secuencia de pasos.
 - 3.3.2. Otras técnicas de transferencia genética (sólo nombrarlas).
- 3.4. Aspectos éticos.

Los contenidos de la asignatura Biología y Geología que van a complementar la propuesta didáctica aparecen recogidos e indicados en el **Anexo 1**, los cuales se van a trabajar de la siguiente manera:

1. La clasificación y la nomenclatura de los grupos principales de seres vivos.

- 1.1. ¿Qué se entiende por biodiversidad?
- 1.2. Características del reino vegetal.
- 1.3. Taxonomía y nomenclatura de especies vegetales.
- 1.4. Identificación de especies vegetales: claves de determinación.
- 1.5. La conservación de la biodiversidad.

5.2.7. Diseño de las actividades

Tal como se ha comentado en el epígrafe **5.2.2. Objetivos** las actividades de esta propuesta se dividen en dos grupos: actividades de aula y actividades fuera del aula.

5.2.7.1. Actividades de aula

Se incluyen pequeñas tareas para realizar en el aula de manera individual con el fin de reforzar y comprender mejor los contenidos explicados por el profesor. Dichas actividades serán evaluables dentro de las calificaciones de la asignatura.

Cada actividad que se plantea acentúa unos determinados contenidos que se especificarán al final de cada ejercicio. Una vez finalizados los contenidos a los que hace referencia cada actividad, se llevará a cabo la realización de las mismas.

A.1. Explica de forma ordenada y detallada la secuencia de pasos que se muestra a continuación.

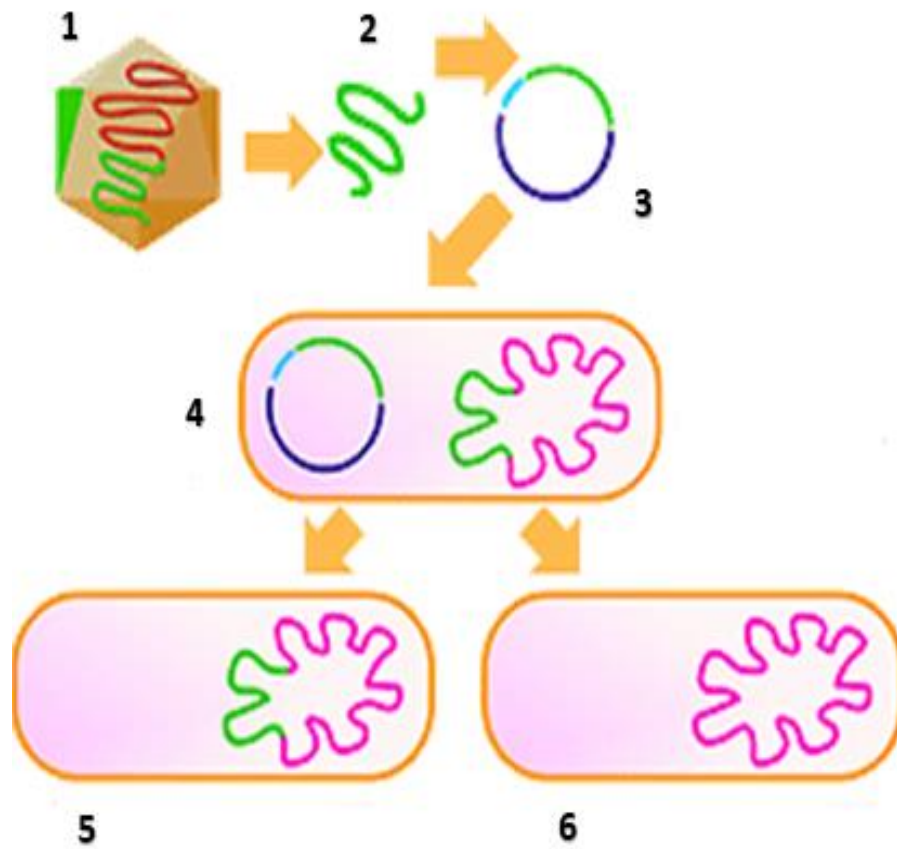


Figura 1: Esquema mudo de la tecnología del ADN recombinante en el genoma humano.

La actividad A.1. trabaja el punto de contenidos “1. La biotecnología y la ingeniería genética”, concretamente al apartado “1.4.2. La tecnología del ADN recombinante”. Se llevará a cabo una vez terminado este último apartado.

A.2. Completa el siguiente esquema:

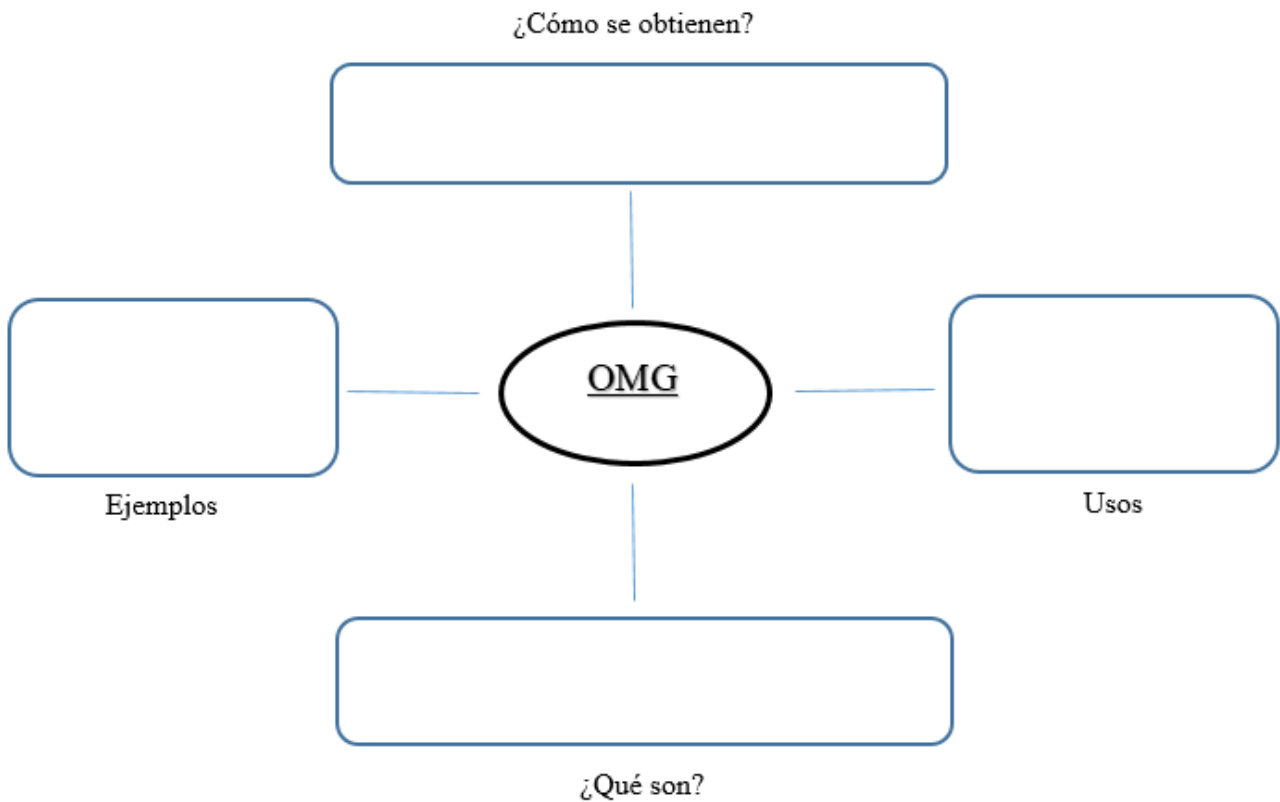


Figura 2: Esquema sobre los OMG.

La **A.2.** se encuadra en el punto de contenidos “**1. La biotecnología y la ingeniería genética**”, específicamente al apartado “1.5. Definición y tipos de OMG” y el “1.6. Técnicas de obtención de OMG: tipos y concepto”. Se procederá a hacer la **A.2.** cuando se finalice la explicación de ambos apartados (1.5. y 1.6.)

Enfatizar que esta actividad ha sido diseñada para reforzar los saberes previos relacionados con los OMG, ya que, como se ha comprobado en el análisis del test de opción múltiple, los alumnos poseen ideas confusas sobre el tema.

A.3. Rellena el siguiente mapa conceptual y elabora otro siendo la ingeniería genética la idea principal.

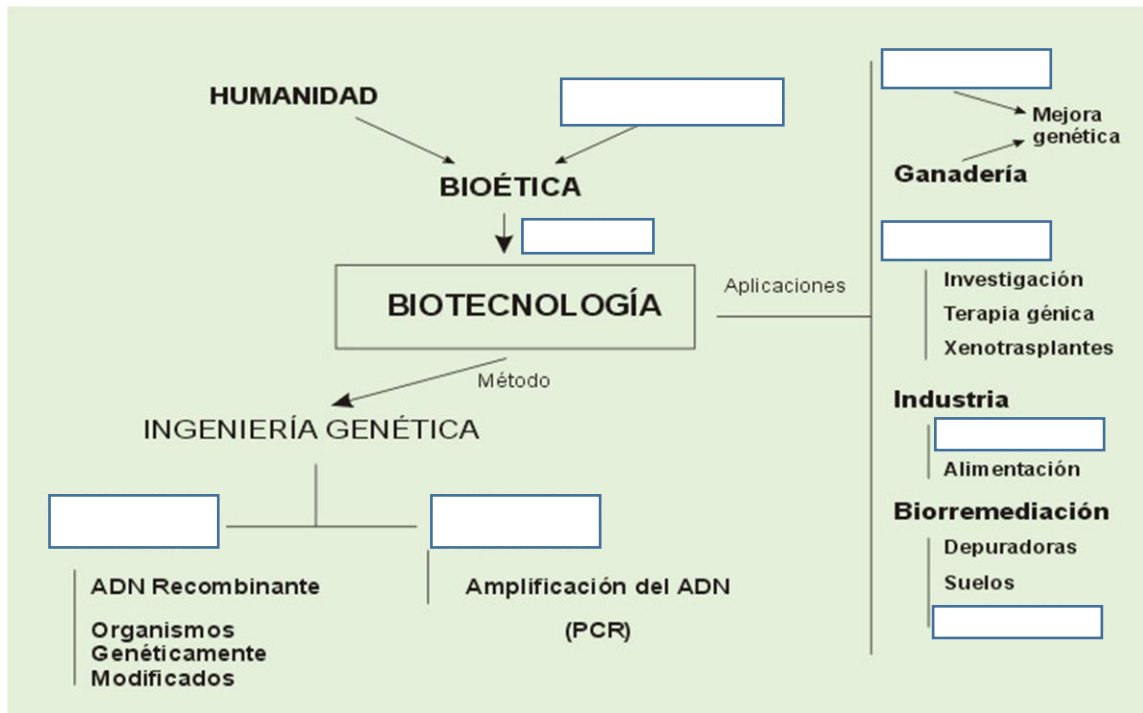


Figura 3: Mapa conceptual.

La actividad **A.3.** pertenece al punto de contenidos “**1. La biotecnología y la ingeniería genética**”, la cual, abarca prácticamente todos los conceptos e ideas clave de éste bloque. Se realizará una vez finalizado el mismo.

El mapa conceptual es una técnica creada por Joseph Novak quien lo presenta como una proyección práctica de la teoría del aprendizaje significativo, que propuso David Ausubel, para ayudar a comprender nuevos conceptos que deben aprenderse mediante la percepción de relaciones entre ellos y vinculándolos a la información que ya se tenga con anterioridad (Díaz, 2002).

Es una herramienta de aprendizaje que permite captar y retener el significado de los contenidos curriculares a través de la relación entre conceptos. El alumno puede organizar mentalmente la información recibida tanto en el aula como fuera de ella.

El proceso de elaboración de los mapas conceptuales constituye en sí mismo una actividad de aprendizaje para el alumno, es decir, aprenden a aprender.

A.4. En la escena del crimen se encontró una muestra de semen, y al hacerle el análisis genético se pudo determinar la presencia de una cadena de ADN, cuya secuencia de bases nitrogenadas es 5'ATGCATCCGA3'. Los investigadores poseen cuatro sospechosos.

¿Cuál es la cadena de ADN complementaria que deberán encontrar para determinar quién es el culpable?.

Rodea la solución en la sopa de letras y escribe la secuencia indicando los extremos de la cadena.

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

Figura 4: Sopa de letras.

La **A.4.** se ajusta a los contenidos del punto “**2. El ADN**”, concretamente al apartado “2.2. La replicación, transcripción y traducción del material genético”, por lo que una vez acabado el mismo se realiza esta actividad.

A.5. Elabora un mapa mental (*mind map*) que describa e incluya al menos 10 de las 14 ideas presentes:

ADN	Herencia genética
Genes	Plantas transgénicas
OMG	Cromosomas
Ingeniería genética	Transcripción
Rechazo social	Recombinación
Replicación	Protoplastos
Proteínas	Biotecnología

La A.5. incorpora ideas de cada punto “**1. La biotecnología y la ingeniería genética; 2. El ADN; 3. Plantas transgénicas**”. Una vez completada la teoría de los 3 puntos se hará la actividad 5.

Mind map permite relacionar, al igual que los mapas conceptuales, conceptos pertenecientes a diferentes bloques o temas.

El mapa mental desarrolla la motivación y creatividad del alumnado y sobre todo la competencia para Aprender a aprender, ya que no sólo se trata de la adquisición de nuevas ideas sino de una estrategia para organizarlas.

5.2.7.2. Actividades fuera del aula

La actividad principal en la que se basa esta propuesta didáctica de nombre “*Plantas transgénicas*” se denomina “Obtención de plantas a partir de una célula”, destacar que se propone una actividad complementaria denominada “Mini herbario”, la cual se llevará a cabo en la asignatura de Biología y Geología.

- Obtención de plantas a partir de una célula

Esta actividad tendrá lugar nada más finalizar los 3 puntos de contenidos referentes a la asignatura de Cultura Científica. Los dos primeros puntos “**1. La biotecnología y la ingeniería genética; 2. El ADN**” posibilitan el entendimiento del tercer y último punto “**3. Plantas**

transgénicas” y, por tanto, la comprensión de esta actividad, que consiste en la obtención de una planta completa a partir de una de sus células, la posterior identificación y razonamiento de los pasos que hay que añadir al proceso anteriormente realizado para obtener plantas transgénicas y el conocimiento de las diferencias existentes entre una planta modificada genéticamente y una planta silvestre

Para completar la actividad se requieren 4 horas lectivas con los alumnos y 1 hora de preparación autónoma por parte del profesor.

Las 2 primeras jornadas lectivas se llevarán a cabo en el aula de informática del centro donde los alumnos deberán hacer una búsqueda científica de manera individual. Al alumnado se le proporcionará un pequeño guion que recoge los siguientes aspectos:

1. ¿Qué son las células vegetales totipotentes?
2. ¿Cómo se obtiene a partir de una célula vegetal un ejemplar completo (planta)?
3. ¿En qué condiciones y qué componentes tiene que tener un medio de cultivo para que la planta pueda crecer?
4. ¿Qué pasos habría que modificar o añadir al proceso anterior (obtención de una planta a partir de una célula propia) para obtener una planta transgénica por el método “transferencia genética con protoplastos” explicado en clase?
5. En un campo de cultivo modificado genéticamente, ¿qué tipo de plantas es más frecuente encontrar?
6. Diferencias entre una planta mejorada genéticamente y una planta silvestre.

Se les apotará una serie de recursos web de referencia donde poder buscar la información, entre ellos se encuentra el **Proyecto Biosfera**, una página web del ministerio de Educación, Cultura y Deporte que consta de unidades didácticas multimedia interactivas, herramientas y recursos para las materias de Biología y Geología en la Enseñanza Secundaria Obligatoria y el Bachillerato (<http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/>). Otro recurso de interés sería **La Neta De Tu Planeta**, una iniciativa que tiene como propósito ofrecer información actualizada y veraz sobre la biotecnología agrícola en México y en el mundo (<http://www.lanetadetuplaneta.com/queeslanetadetuplaneta/>). Otro más de utilidad es **Didactilia**, una comunidad educativa global para profesores, familias y estudiantes desde la Educación Infantil hasta el Bachillerato, que incluye una colección con más de 100.000 recursos

educativos abiertos. Ofrece servicios y herramientas que son de gran utilidad para el tema de estudio (<https://didactalia.net/comunidad/materiaeducativo>).

También se les va a facilitar una base de datos online: Google Académico (<https://scholar.google.es/>), dónde pueden encontrar artículos científicos relacionados con plantas transgénicas, entre otros contenidos. No se les va a proporcionar ningún artículo en concreto para no limitar el rango de búsqueda, y que de ésta forma encuentren una mayor variedad de información.

Además, algunos de los artículos que se encuentran en este buscador están en inglés, esto ayudará a que los alumnos comprendan que para trabajar en un contexto científico es necesario el conocimiento de este idioma. No hay que olvidar, que de esta manera se pueden trabajar contenidos de forma transversal con el departamento de inglés.

Al final de la segunda jornada lectiva los alumnos resolverán en voz alta las preguntas que aparecen en el guion, se pretende de esta manera intercambiar los diferentes contenidos encontrados. El profesor se encargará en todo momento de intervenir para aclarar y resolver posibles dudas e informaciones erróneas.

De tal forma que, en ambas sesiones de informática se sigue una metodología de trabajo que se apoya en el aprendizaje guiado por el profesor, el cual será una figura de apoyo, facilitadora e intermediaria entre la información y el alumno.

La 3ª jornada lectiva se llevará a cabo en el laboratorio. Antes de explicar en qué consiste esta jornada, es necesario apuntar las tareas que el profesor debe desempeñar (hora de preparación autónoma por parte del profesor) para que sea posible el desarrollo de la actividad.

1. En primer lugar, indicar que la planta utilizada para el diseño de la práctica es el trigo (*Triticum spp.*), por lo que, el docente tiene que conseguir varias especies de trigo modificadas genéticamente. Puede adquirirlas en el campo de cultivo más próximo a su localidad. Numerosos estudios, como el del joven investigador Velu Govidan premiado por sus trabajos de mejora genética en numerosas variedades de trigo (Fundación Antama, 2017), demuestran que ésta planta se desarrolla correctamente en unas condiciones óptimas en el laboratorio. Es por esto, y porque el trigo silvestre se diferencia a la perfección del trigo modificado genéticamente, por lo que se ha seleccionado para la realización de la práctica.

2. Otra tarea encomendada al profesor es la de enriquecer los medios de cultivo, los componentes que debe usar para ello son: materiales inertes (agar), agua destilada (representa el 95% del medio nutriente), sales inorgánicas, estabilizadores osmóticos, hormonas y reguladores de crecimiento (alta cantidad de auxinas y baja de citoquininas entre otros) y extractos naturales (vitaminas, ácidos orgánicos, azúcares, etc.). De forma resumida, el procedimiento que debe realizar, consiste en verter el agar en polvo en un vaso de precipitado que contiene agua destilada caliente, a la vez que se agita el vaso de precipitado se van añadiendo los demás componentes para que la muestra se vuelva homogénea. A continuación, se pasa la disolución a un matraz de Erlenmeyer (se coloca algodón y parafilm) y se introduce dicho matraz en una olla a presión, transcurridos unos 10 minutos se extrae el matraz y se vierte su contenido en las diferentes placas de Petri (abiertas cerca del mechero Bunsen para que no se contaminen), solidificando así el medio de enriquecimiento. Esta tarea la realiza el profesor debido a la precisión requerida durante el proceso, pues el olvido de alguno de los componentes o utilizar de forma incorrecta las cantidades requeridas, puede desencadenar que las células no crezcan y no se pueda llevar a cabo la práctica.
3. La última labor que tiene que realizar el docente es situar en cada poyeta de trabajo el material de laboratorio necesario para realizar la actividad.

Una vez especificadas las tareas que corresponden al profesor, se procederá a la explicación de la 3ª jornada lectiva.

En base a la información recopilada en las sesiones de informática y en las explicaciones de clase, los alumnos por grupos de trabajo, tendrán que obtener una célula del trigo, en concreto un protoplasto, y aportarle las condiciones necesarias para poder regenerar la planta completa. Posteriormente, se razonará qué serie de pasos habría que cambiar para obtener una planta transgénica.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Se toma una porción de hoja joven de trigo (explanto) utilizando las tijeras, y con la ayuda del bisturí de disección y las pinzas se obtiene cuidadosamente el mesófilo, situado entre la epidermis del haz y del envés.

2. Para aislar protoplastos, se introduce el mesófilo en un matraz de Erlenmeyer que contiene una enzima y agua destilada, se coloca algodón y parafilm en el extremo del matraz y se agita. Los protoplastos son células que han perdido totalmente su pared celular, lo cual se logra a través del uso de enzimas que la degraden, entre estas enzimas se encuentran: celulasas, hemicelulasas y pectinasas. Las preparaciones comerciales de dichas enzimas contienen además proteasas, nucleasas y lipasas. Adicionalmente, en este paso los alumnos pueden probar si los protoplastos se aíslan con la enzima de la saliva (amilasa) y dar una explicación lógica al resultado obtenido, así se refuerzan contenidos de otros temas.
3. Con la ayuda de una pipeta se transfiere la disolución situada en el matraz Erlenmeyer a la placa de Petri (preparada por el profesor) que contiene las sustancias nutritivas y algunas hormonas de crecimiento para estimular el desarrollo y división celular. A los pocos días se forma un callo, constituido por células indiferenciadas.
4. El callo se traslada a un matraz Erlenmeyer que contiene agua y fertilizante líquido (baja cantidad de auxinas y alta de citoquininas). Con el paso de los días, se irá desarrollando obteniendo mayor porte hasta dar lugar a una planta idéntica a la cual se partió (trigo modificado genéticamente).
5. Si el tamaño que está adquiriendo es muy grande, se transporta a una maceta (compost + agua).

Los alumnos realizarán los 3 primeros pasos en la 3ª jornada lectiva. A los 2-3 días, una vez que haya salido el callo, el profesor avisará a los alumnos para que acudan de nuevo al laboratorio a observar los resultados y a realizar el paso número 4. Se puede utilizar el final de una clase o diez minutos del recreo para llevarlo a cabo. El mismo método se usará con el paso número 5 (los alumnos regarán el trigo una vez cada 2 semanas).

El procedimiento es mucho más sencillo si en lugar de escoger un protoplasto se selecciona otro tipo de célula. En este caso, sólo habría que obtener un explante (porción de hoja joven) y posteriormente colocarlo en el medio de cultivo enriquecido por el profesor. A los pocos días, se formaría un callo (**Figura 5**), el cual se irá desarrollando (**Figura 6**) hasta formar la planta completa.

Se ha elegido un protoplasto y no otro tipo de célula, por la simple razón de que los alumnos posteriormente, van a entender con mayor facilidad cómo se obtiene una planta transgénica por el método “transferencia genética con protoplastos”, ya que el número de pasos que hay que modificar de un proceso a otro es mucho menor.



Figura 5: Formación del callo (extraída de Manuel, 2014).



Figura 6: Formación de hojas a partir del callo (extraída de Manuel, 2014).

En la **Figura 7** podemos visualizar los materiales y componentes empleados durante la realización de la actividad, haciendo una distinción entre los que ha utilizado el profesor y los que ha usado el alumno.

PROFESOR	ALUMNO
Vaso de precipitado	Tijeras
Agitador magnético	Bisturí de disección
Mechero Bunsen	Pinzas de disección
Olla a presión	Pipetas
Matraz de Erlenmeyer	Matraz de Erlenmeyer
Placas de Petri	Placas de Petri
Algodón	Algodón
Parafilm	Parafilm
Agua destilada	Agua destilada
Imán	Maceta
<u>Componentes:</u> agar, sales inorgánicas, estabilizadores osmóticos, reguladores de cremiento y extractos naturales	<u>Componentes:</u> preparación de enzimas, fertilizante líquido y compost (si fuese necesario pasar el callo a la maceta)

Figura 7: Distinción entre los materiales y componentes empleados por el profesor y el alumno.

La manipulación que efectúan los alumnos en el laboratorio es muy sencilla, no supone más de la mitad de la clase, pero sólo el mero hecho de obtener una planta a partir de una célula, hace que el alumno se crea el protagonista del proceso y el resultado de su aprendizaje, además de que entienda que los contenidos que se trabajan en el aula tienen una aplicación práctica.

El resto del tiempo se va a emplear para que razonen y deduzcan según la información obtenida previamente (sesiones de informática y clases teóricas), qué parte del procedimiento anteriormente realizado hay que modificar para obtener plantas transgénicas. Para ello van a ir saliendo a la pizarra anotando la solución que consideren, siempre bajo la tutoría del profesor, el cual va a orientar a los alumnos en todo momento.

Existen varios métodos para obtener plantas transgénicas, algunos de ellos se han de nombrar en el aula para que el alumno sepa que no existe sólo uno. Como se ha mencionado en alguna ocasión, el método elegido para conocer cómo se obtienen las plantas transgénicas es “transferencia genética con protoplastos”, pues se considera el más fácil de entender. Los alumnos sabiendo que un organismo transgénico es aquel al que, se le ha introducido uno o varios genes que pertenecen al genoma de otra especie diferente, tienen que deducir entre todos (aprendizaje colaborativo), que después de realizar el paso número 2: aislamiento de protoplastos (eliminación de la pared celular que es la que impide el paso del ADN), hay que conseguir introducir ADN de otra especie en el protoplasto. Para ello, “necesitamos un compuesto (PEG) que abra huecos en la membrana celular del protoplasto y, de esta forma pueda introducirse el ADN dentro del núcleo” (Sánchez, 2008, p.15). El resto sería igual que el procedimiento realizado en el aula.

Aprovechando que el trigo que hemos elegido está modificado genéticamente, el docente puede hacer énfasis en la diferencia conceptual entre un organismo modificado genéticamente y uno transgénico. Explicando que el trigo que tenemos en el laboratorio es un organismo que ha sufrido una modificación genética, y que no tiene porqué deberse sólo a la inserción de uno o varios genes perteneciente a otra especie, como ocurre en el caso de las plantas transgénicas, sino que puede deberse a deleciones, cruzamientos entre especies, etc. Para dejar clara la diferencia se propone el visionado de 2 vídeos de YouTube: uno relacionado con los transgénicos <https://www.youtube.com/watch?v=VWdlEUhTlik> y otro con los organismos genéticamente modificados <https://www.youtube.com/watch?v=3ghYfIGc3Qw>. En el primero, se lanza una muy buena crítica hacia los transgénicos, apoyando que el consumo de los mismos no implica ningún riesgo en la salud debido a rigurosas evaluaciones que confirman que los

productos son tan seguros para su consumo como los cultivos convencionales y, por el contrario, en el segundo se critica que los genes instalados en las plantas tienden a diseminarse y contaminar otras variedades, lo que perturba el ecosistema, además otro factor polémico que aparece es la introducción de genes en semillas para volverlas estériles, lo que obligaría a los agricultores a comprar semillas después de cada cosecha. No hay que pasar por alto, que el primer vídeo no sólo apoya a las plantas transgénicas sino que lanza un mensaje sobre los cultivos transgénicos y el desarrollo de la biotecnología agrícola, en pocas palabras quiere decir que existe mucha información imprecisa, incompleta o sin base científica que impide una opinión clara al respecto. Motiva al alumno a conocer más sobre los cultivos transgénicos en fuentes profesionales, acreditadas, confiables, objetivas y transparentes.

El tema de las plantas transgénicas es muy llamativo para los chicos y el poder obtenerlas por ellos mismos aún lo es más, por lo que el docente debe despertar el interés del alumno por seguir aprendiendo sobre el tema, estimulando la inquietud por el aprendizaje autónomo. Al incentivar la curiosidad y el deseo de querer realizar una planta transgénica, es probable que muchos de los alumnos después de acabar Bachillerato opten por elegir una formación científica o técnica.

Las prácticas en el laboratorio son una herramienta imprescindible para la enseñanza en ciencias, la experimentación escolar es necesaria para que los estudiantes comprendan y razonen la metodología científica (Izquierdo et al., 1999). Además, contribuyen a la adquisición de una disciplina de trabajo en el laboratorio, respetando las normas de seguridad e higiene, así como valorando la importancia de utilizar los equipos de protección personal necesarios en cada caso.

La 4ª y última jornada lectiva se llevará a cabo en el laboratorio una vez que termine de desarrollarse el trigo que hemos dejado creciendo en el matraz de Erlenmeyer. El final de la actividad consiste en comparar una planta modificada genéticamente (trigo obtenido en el laboratorio) con el trigo silvestre (**Figura 8**). Explicando las diferencias existentes entre ambos por parte del profesor, refrescando y profundizando así, la pregunta número 6 del guion y haciéndola visible y atractiva para los alumnos. No sólo hay que explicar las diferencias morfológicas, sino también las relacionadas con la producción.



Figura 8: Espigas de escanda menor (*Triticum monococcum*). Arriba, espiga de poblaciones cultivadas. Abajo, espigas de poblaciones silvestres. Extraída de Cnidus, 2009.

Es por este cierre de actividad, por lo que se ha propuesto una actividad complementaria en la asignatura de Biología y Geología que consiste en realizar un pequeño herbario, el cual se traerá el día que se lleve a cabo la 4ª jornada lectiva. Para así, poder comparar el trigo silvestre del herbario con el *Triticum spp* obtenido en el laboratorio.

Esta iniciativa fomenta la interdisciplinaredad entre asignaturas, para que el alumno aprenda a conectar contenidos de diferentes materias.

Con la actividad Obtención de plantas a partir de una célula se pretende que el alumno comprenda la importancia que tiene la biotecnología a través de las plantas transgénicas, y adquiriera un mayor nivel científico-cultural que le permita construir opiniones críticas.

Una vez finalizada la actividad, se les mandará a los alumnos la siguiente tarea:

T.1. De manera individual, los alumnos tienen que elaborar un informe escrito a ordenador que recoja los aspectos:

- a. La información buscada en las 2 sesiones de informática, así como la resolución de las preguntas del guion, excepto la número 6.**
- b. Posicionarse a favor o en contra de uno de los 2 vídeos propuestos en la sesión de laboratorio y explicar con argumentos científicos los motivos de la postura elegida.**

- c. **Recoger las diferencias principales entre el trigo modificado genéticamente y el trigo silvestre vistas en la 4ª jornada lectiva. Y decir, cuál consumirías y la razón.**
- d. **Buscar 1 artículo relacionado con las plantas transgénicas y sus aspectos éticos y sociales, y otro en relación con las plantas transgénicas y sus aplicaciones biotecnológicas (puedes usar el buscador proporcionado durante la sesión de laboratorio). Sintetiza y analiza la información del que consideres más relevante.**

Indica en cada pregunta los recursos utilizados.

Extensión máxima: 10 hojas; Tipo de letra: Arial o Times; Tamaño de letra: 12; Márgenes laterales, superiores e inferiores: 2,5 cm; Espacio interlineal: 1,5.

Para promover la divulgación científica en el centro educativo se propone la realización de 1 conferencia por parte de los alumnos (mismos grupos de trabajo que en la 3ª jornada lectiva) para dar a conocer los conocimientos adquiridos durante la realización de la actividad. Los educandos se apoyarán en un Power Point para exponer lo aprendido. Dicha conferencia se anunciará a través de letreros informativos por todo el centro, para que acuda quien este interesado. En especial, los alumnos que cursen las asignaturas de Cultura Científica y Biología y Geología, sin importar el curso académico, deberían asistir a la conferencia.

Para conocer el punto de vista del alumnado con respecto a la realización de esta actividad se les puede pasar un cuestionario al final del curso académico para que valoren y den su opinión personal, manifestando posibles mejoras. De este modo, el docente podrá comprobar de una manera más personalizada el impacto que ha causado dicha actividad en los alumnos.

Dicho cuestionario no será evaluable dentro de las calificaciones de la asignatura sino que servirá únicamente como orientación (**Anexo 4**).

- Mini herbario

Esta actividad complementaria se va a implementar en la asignatura de Biología y Geología. Comenzará una vez explicados los contenidos referentes al punto “**1. La clasificación y la nomenclatura de los grupos principales de seres vivos**” recogido en el epígrafe **5.2.6. Fundamento conceptual o teórico.**

Los alumnos se organizarán en grupos de trabajo para llevar a cabo esta actividad, la cual, consta de dos partes bien diferenciadas:

1) Salida de campo

Para realizar esta primera parte se empleará 1 hora de clase.

Consiste en la recolección de plantas, los alumnos tienen que reunir 10 especies de plantas vasculares por cada grupo de trabajo, entre las cuales, obligatoriamente tiene que estar el trigo. Para ello, deberán usar estrategias características de las tareas científicas, como son la observación, el análisis y el descubrimiento en el medio natural.

Una de las estrategias básicas en educación es el desarrollo de actividades en el medio natural, las cuales, posibilitan el aprendizaje significativo de aspectos fundamentales de la Biología y Geología y contribuyen a la educación ambiental de los alumnos. Estos trabajos de campo rompen con la rutina habitual de las clases y trasladan el aprendizaje y el conocimiento al mundo real, por lo que son muy motivadoras para ellos.

Se propone que el docente utilice este tipo de salidas para contribuir en la educación ambiental de los chicos, fomentando una conciencia de protección y uso sostenible del medio natural. Incluyendo las principales causas de origen antrópico que alteran la biodiversidad y qué medidas contribuyen a reducir la pérdida de la biodiversidad. Para llevarlo a la práctica, se plantea una metodología participativa y activa, en la que se trabaje una dinámica de preguntas y respuestas.

2) Elaboración de un pequeño herbario

Los alumnos van a elaborar el herbario en casa.

Lo primero que deben realizar es la identificación de las especies vegetales, para ello, el profesor les puede proporcionar guías de identificación de las que disponga el centro educativo, en caso de no haber ninguna guía que poder proporcionar al alumno, se puede recurrir a Internet.

Para ello, se muestra un fichero en pdf que ofrece el PRAE con imágenes ilustrativas de las especies vegetales más representativas de Castilla y León, dónde aparecen las características principales de cada especie, nombre científico y categoría taxonómica. Adjunto enlace a continuación:

http://praecyl.es/ficheros/catalogoflorahumilispdf130311_095154.pdf

Otro recurso al que pueden acudir los alumnos lo tenemos en la Asociación Micológica y Botánica “Ribera del Malucas”, donde aparece un catálogo con los géneros más características que se pueden encontrar por la zona Segovia y alrededores.

<http://www.riberamalucas.com/catalogobotanica.htm>

También, se les puede animar a los alumnos a que acudan a las bibliotecas más cercanas para pedir claves de identificación de especies vegetales.

Una vez identificadas las especies hay que proceder al prensado y secado de las mismas, para esto se adjunta un vídeo de YouTube dónde viene detallado paso por paso el procedimiento a seguir <https://www.youtube.com/watch?v=8B14tPPNfqY>. Hay que indicar a los chicos que tienen que visualizar el vídeo hasta el minuto 4:42 porque la temática que se trabaja a partir de ahí, no resulta de interés, ya que trata sobre otra opción para no tener que realizar un herbario.

Para finalizar, hay que proceder al etiquetado de cada pliego, para ello se adjunta la segunda parte del vídeo anterior <https://www.youtube.com/watch?v=9EeORZztxR8>, donde aparece de forma específica los pasos a seguir. El formato de etiqueta que aparece en el vídeo se ajusta a la perfección con el que se pide para esta actividad (**Figura 9**). Además, se explica dónde se pueden conseguir los materiales y de qué forma se puede presentar y transportar sin dificultad.

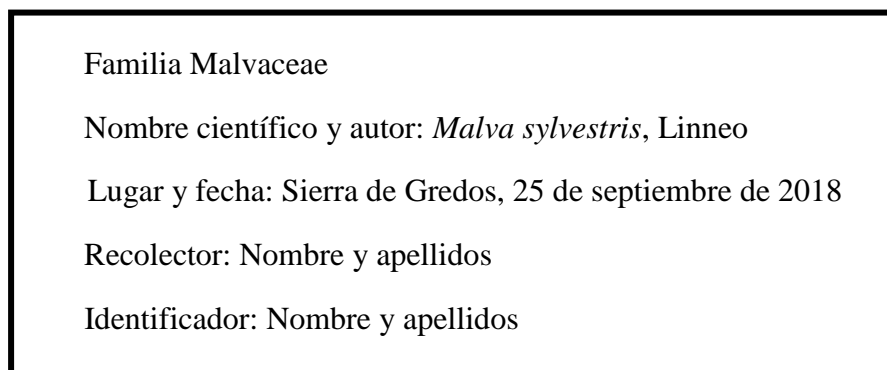


Figura 9: Modelo de etiqueta.

Hay que destacar, que el vídeo muestra a una alumna en su etapa universitaria, por lo que el lenguaje que utiliza es mucho más sencillo que el del profesor, lo que favorece la comprensión del alumno.

Esta actividad refuerza los contenidos de la asignatura de Biología y Geología y ayuda a la mejor comprensión de la propuesta didáctica, fomentando el interés por la misma, debido a que, el trigo recolectado será luego utilizado para comprender mejor la cuarta jornada lectiva de la actividad “Obtención de plantas a partir de una célula”. Además, de aprender parte de la tarea que realiza un botánico, y despertar el interés por la misma.

5.2.8. Temporalización

La propuesta didáctica esta ajustada y programada para llevarse a cabo en un curso académico.

CULTURA CIENTÍFICA																
Semanas Meses (días)	Octubre				Marzo				Mayo							
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4				
Semana 1	■	■	■	■	(*)				■							
Semana 2	■	■	■	■												
Semana 3	■	■	■	■												
Semana 4	■															■

Figura 10: Cronograma de la asignatura Cultura Científica.

■	Teoría: 1. La biotecnología y la ingeniería genética.	■	Teoría: 3. Plantas transgénicas.
■	Actividad: A.1.	■	Actividad: A.5.
■	Actividad: A.2.	■	Sesiones informática: 2 primeras jornadas lectivas
■	Actividad: A.3.	■	Laboratorio: 3ª jornada lectiva
■	Teoría: 2. El ADN	■	Laboratorio: 4ª jornada lectiva (*)
■	Actividad: A.4.	■	Informe: Entrega T.1.
		■	Conferencia

(*) La 4ª jornada lectiva tendrá lugar el día del mes de marzo que esté lista la planta (*Triticum spp.*).

El trigo en condiciones de laboratorio crece en un periodo de 5 meses (Warham et al., 1997), razón por la cual se va a realizar la 4ª jornada lectiva en el mes de marzo.

Mencionar que una vez acabada la 4ª jornada lectiva se comunica a los alumnos que tienen que elaborar un informe (T.1.), el cual tienen para realizar 1 mes.

En la **Figura 11** se recoge la temporalización de la actividad complementaria “Mini herbario”.

<u>BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA</u>								
Semanas Meses (días)	Septiembre				Octubre			
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
Semana 1								
Semana 2								
Semana 3								
Semana 4								

Figura 11: Cronograma de la asignatura Biología y Geología.

	Conocimientos previos: test de opción múltiple		Salida de campo
	Teoría: 1. La clasificación y la nomenclatura de los grupos principales de seres vivos		Entrega herbario

La actividad se desarrollará al principio del curso escolar debido a que la recolección de trigo tiene lugar entre los meses de mayo y octubre.

El tiempo del que dispone cada grupo para realizar el herbario es de 1 mes desde la salida de campo.

5.2.9. Evaluación

La evaluación supone un juicio de valor sobre la propuesta didáctica establecida previamente, la cual, será formativa, continua e integradora.

Tiene por fin determinar en qué medida se han logrado las competencias y objetivos previamente establecidos. Los referentes para la comprobación del grado de adquisición de las competencias y el logro de los objetivos serán los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables recogidos en el **Anexo 1** (para Biología y Geología) y en el **Anexo 2** (para Cultura Científica).

La propuesta didáctica supone un 20% de la nota final de la asignatura de Cultura Científica.

El profesor es el encargado de evaluar los siguientes aspectos:

- **Actividades de aula (A.1.; A.2.; A.3.; A.4.; A.5.)** → cada actividad vale un 5%, es decir, las actividades de aula suponen el 25% de la nota final de la propuesta. En cada una se evaluarán los siguientes puntos:
 - A.1.** → capacidad de usar los conocimientos adquiridos en el aula para identificar las palabras que faltan en el mapa conceptual, así como, saber relacionar unos conceptos con otros.
 - A.2.** → destreza para ordenar y detallar la secuencia de pasos de un determinado proceso visto en clase. Se valorará la capacidad de redacción, así como las faltas de ortografía y el léxico científico usado.
 - A.3.** → situar correctamente los contenidos vistos en el aula en cada recuadro. Se valorará el vocabulario científico.
 - A.4.** → saber aplicar la teoría para resolver un determinado problema.
 - A.5.** → habilidad para relacionar los conceptos de unos temas con los de otros, notándose así, el manejo del temario.
- **Informe (T.1.)** → vale un 50% de la nota final de la propuesta. Para poder puntuarlo se tendrá en cuenta la rúbrica que se muestra en la **Figura 12**.

	4 (SB)	3 (NT)	2 (AP)	1 (SS)
Puntualidad	Entrega en la fecha establecida	Entrega 1 día después	Entrega 2 días después	Entrega 3 o más días después
Formato (extensión, tipo y tamaño de letra, márgenes y espacio interlineal)	Se ajusta al formato exigido	No tiene en cuenta 1-2 características del formato	No tiene en cuenta 3-4 características del formato	No tiene en cuenta el formato
Ortografía	No tiene ninguna falta de ortografía	Tiene de 1 a 4 faltas de ortografía	Tiene de 5 a 8 faltas de ortografía	Tiene más de 8 faltas ortográficas
Redacción	Desarrolla ideas con claridad en todo el documento. Utiliza vocabulario específico del tema	Desarrolla ideas claras en algunas partes del texto. Utiliza escaso vocabulario específico del tema	Desarrolla ideas poco claras. Utiliza regular el vocabulario específico del tema	Ideas confusas y desordenadas. No utiliza o usa mal el vocabulario específico del tema
Pensamiento crítico/reflexivo	Explica y argumenta su postura basándose en fuentes fiables	Explica y argumenta su postura de forma parcial, basándose en fuentes fiables	Explica su opinión sin argumentarla, usa fuentes poco fiables	No explica ni argumenta sus pensamientos, no usa fuentes de información
Fotografías	Acompaña el texto con imágenes ordenadas y referentes a la actividad	Incluye imágenes desordenadas y referentes a la actividad	Incluye imágenes que no tienen mucho que ver con la actividad	No introduce imágenes
Preguntas	Responde de forma correcta todas las preguntas del guion (6)	Responde de forma incorrecta 1 o 2 preguntas del guion	Responde de forma incorrecta 3 o 4 preguntas del guion	Responde incorrectamente 5 o 6 preguntas del guion
Síntesis y análisis	Expone las ideas principales y hace un análisis muy bueno del texto	Expone las ideas principales del texto, pero analiza parcialmente el texto	Expone ideas no tan importantes y no analiza correctamente el texto	No distingue lo esencial de lo superfluo y parafrasea lo que dice el texto

Figura 12: Rúbrica de evaluación para **T.1.**

SS: Suspenso (0-4,9); **AP:** Aprobado (5,0-6,9); **NT:** Notable (7,0-8,9); **SB:** Sobresaliente (9,0-10).

- **Conferencia** → vale un 25% de la nota final de la propuesta. Para poder puntuarla se tendrá en cuenta la rúbrica que se muestra a continuación.

Criterios de evaluación	4 Excelente	3 Bien	2 Regular	1 Mal
Todos los integrantes del grupo participan por igual				
La exposición es clara y concisa				
Se utiliza correctamente el vocabulario científico				
Se ajustan al tiempo establecido				
El volumen de voz es el adecuado				
El Power Point es visual y capta la atención del receptor				
Las diapositivas presentan la información necesaria				
Dominan el tema, las ideas son fluidas				
Se comprende sin dificultad en qué consiste la actividad				
Dan a conocer todos los conocimientos adquiridos				
Ofrecen una valoración personal de la actividad				
Plantean cuestiones de índole social sobre el tema				
El grupo llega a una conclusión				
Contestan a todas las preguntas que surgen				

Figura 13: Rúbrica de evaluación para la conferencia.

- **Actitud** → se valorará la actitud del alumno durante toda la propuesta, entendida como el trabajo diario en el aula, así como el interés a través de la participación activa tanto en las clases teóricas (con sus respectivas actividades de aula) como en la actividad “Obtención de plantas a partir de una célula”. Una actitud positiva se tendrá en cuenta en el redondeo de la nota final de la propuesta.

Como herramienta de evaluación, se utilizará una lista control (*check-list*) para recoger no sólo las calificaciones de las actividades, el informe y la conferencia, sino también la actitud de cada alumno frente a las tareas.

En referencia a la asignatura de Biología y Geología aclarar que el herbario constituirá un 5% de la nota final de la materia. Se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones para evaluar el mismo:

- La actitud en la salida de campo.
- El estado de la planta (debe estar completa: raíz, tallo y hojas, así como la flor y el fruto si tuviese).
- La correcta identificación de especies, así como la familia a la que pertenece cada una.
- Las etiquetas (tienen que ajustarse a la **Figura 9**).
- La presentación.
- La fecha de entrega.

Recordar que el trigo tiene que ser una de las diez plantas del herbario, en caso contrario, no se evaluará el mismo.

5.2.10. 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.

El proceso de aprendizaje se intenta que sea lo más individualizado posible teniendo en cuenta las características de cada alumno, por ello las ideas que se intentan transmitir serán claras, poniendo ejemplos muy cercanos a ellos, para que todos los alumnos sin excepción puedan progresar adecuadamente.

En caso de que existan alumnos con necesidades educativas especiales (ACNEE) y/o alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo (ACNEAE), se pondrán en práctica las adaptaciones curriculares de carácter metodológico que sean necesarias. Por ello, se tienen en cuenta una serie de consideraciones a la hora de desarrollar esta propuesta didáctica:

- Se estructuran y organizan los contenidos de forma clara, reconocible y coherente, según se van a impartir en el aula. De modo que los conocimientos adquiridos en los primeros bloques faciliten el entendimiento de puntos y actividades posteriores.

- Se tienen en cuenta los saberes previos que menos dominan los alumnos para hacer mayor énfasis en los mismos y así evitar que se pierdan durante las explicaciones.
- Se sigue una metodología activa y participativa, en la que se trabaja una dinámica de preguntas y respuestas, realizando cuantas aclaraciones sean necesarias.
- Se alternan las explicaciones con proyectados o escritos en la pizarra, y se hace un seguimiento de cada alumno mediante la corrección de los cuadernos.
- Se utilizan las habilidades docentes básicas, como ir cambiando la velocidad y el tono de la voz durante las explicaciones, la interacción visual con los alumnos y el desplazamiento por toda la clase, para mantener la actividad y la atención de los alumnos. También hay que distribuir las mesas en el aula de forma que los alumnos no se distraigan con sus compañeros y presten más atención a las explicaciones del profesor.
- Diseño de actividades que permitan llevar ritmos de aprendizaje distintos, teniendo en cuenta aquellos alumnos que necesitan algo más de tiempo para la realización de las mismas.

En el caso de existir dificultades específicas, los grupos de trabajo (laboratorio y conferencias) los realizará el profesor y estarán previamente planificados para que existan apoyos entre los compañeros. Si fuera necesario, un compañero del grupo puede encargarse de ofrecer ayuda siempre que lo necesite el alumno que presenta dificultades en el aprendizaje.

El objetivo es proporcionar a todo el alumnado una educación adecuada a sus características y necesidades, haciendo que todos los alumnos se sientan cómodos y comprometidos con su proceso de aprendizaje, no dejando a nadie atrás.

6. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo se ha puesto de manifiesto la importancia de la biotecnología a través de las plantas transgénicas y sus aplicaciones en la sociedad y la vida diaria, por medio de la asignatura Cultura Científica.

El test de opción múltiple realizado ha permitido saber que la totalidad de alumnos querían ampliar sus conocimientos en materia de plantas transgénicas, además de evidenciar que los saberes previos en relación con los OMG eran erróneos. Por todo ello, se ha planteado una propuesta innovadora y motivadora fundamentada en la legislación vigente que sigue la línea de las opiniones, intereses y necesidades de los educandos.

“*Plantas transgénicas*” ha tenido como prioridad evidenciar la necesidad de estar informado, incluyendo los conceptos y las bases más importantes de las plantas transgénicas, de forma que el alumno pueda construir una opinión crítica sobre las mismas que le permita participar activamente y con criterio en los debates que puedan surgir en el seno de la opinión pública. A lo largo del trabajo, se ha profundizado en el desarrollo de la capacidad de razonamiento crítico y reflexivo del alumno.

Así mismo, con este proyecto se quiere traspasar las barreras del aula, acercando al alumno a la aplicación de la biotecnología, despertando de este modo el interés por las plantas transgénicas u otro tema en relación con las mismas, para que continúen trabajando sobre ello. Además, el alumno en esta propuesta se convierte en el protagonista de la divulgación de su propio trabajo.

Los alumnos han aprendido la metodología del trabajo científico y se les ha aportado una serie de recursos didácticos a los que poder acudir para consultar la información que necesiten.

Por otro lado, la actividad complementaria que tiene lugar en la asignatura de Biología y Geología ayuda a la mejor comprensión de la propuesta, fomentando la interdisciplinariedad entre materias.

En este 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.

Para concluir, recalcar que la propuesta realizada 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.

7. BIBLIOGRAFÍA

a. Referencias

Artículos

- Díaz, J.R. (2002). Los mapas conceptuales como estrategia de enseñanza y aprendizaje en la educación básica: propuesta didáctica en construcción. *Educere*, 6(18), 194-203.
- Domínguez, J.A., Ruiz, V.C., y Zúñiga, J.C. (2016). La Biotecnología: su esencia y aplicaciones para el bienestar de la humanidad. *Revista EA*, 50(2), 5-11.
- Escribano, M., y Quintanilla, M. (2015). La biotecnología y los medios de comunicación en España. *Revista CTS*, 2(4), 21-39.
- Hernández, M. (2008). Propuesta de apoyo para un gestión eficiente de la biotecnología. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 4(62), 5-25.
- Hernandez, H. (2014). Bi'o-tek-nol'e-je (Bi o tec nol o gi a). *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 20(3), 225-226.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- Lucha, C.R.A., y Baerlocher, R.C. (2011). Evaluando los conocimientos previos de los alumnos a través de pruebas objetivas: ¿opción múltiple o test de lagunas?. *Revista MarcoELE*, 2(12), 1-9.
- Morones, R.R. (2010). Nueva tendencia en la biotecnología. *Ciencia UANL*, 13(3), 299-306.
- Ochando, M.A. (1989). Orígenes y bases de la revolución biotecnológica. *Revista del Centro de Estudios Constitucionales*, 1(4), 167-209.
- Soutullo, D. (2004). Antropología y bioética en la Enseñanza Secundaria. *Revista de Filosofía*, 7(33), 263-268.

Libros

Coll, C. (1990), “*Un marco de referencia psicológico para la educación escolar: la concepción constructivista del aprendizaje y de la enseñanza*”, Madrid, España, Alianza Editorial.

Condemarín, M., y Milicic, N. (1990), *Test de Cloze: aplicaciones psicopedagógicas*, Madrid, España, Visor.

Jiménez, J.J., Prieto, J., Muñoz, P.J., y Fernández, M. (2015), *Cultura Científica 1º de Bachillerato*, Madrid, España, Mc Graw-Hill.

Kodrzycki, Y., (2002), *Education in the 21st century: meeting the challenges of a changing world*, Boston, Massachusetts, England Economic Review Federal.

Martín, B.C., y Navarro, G.JI. (2011), *Psicología para el profesorado de Educación Secundaria y Bachillerato*, Madrid, España, Pirámide.

Muñoz, E., (2001), *Biotecnología y sociedad: Encuentros y desencuentros*, Madrid, España, Cambridge University Press.

Warham, E.J., Butler, L.D., y Sutton, R.C. (1997). *Ensayos para la semilla de maíz y de trigo: manual de laboratorio*, ciudad de México, México, CIMMYT.

Trabajos fin de máster

Casillas, R. (2017). La biotecnología en el contexto social y educativo (Trabajo Fin de Máster). Universidad de Valladolid, Valladolid.

Sánchez, M. (2008). “Plantas transgénicas” (Trabajo Fin de Máster). Univerdidad Nacional de Educación a Distancia.

Comunicaciones oficiales

Equipo docente del Programa Educativo Por Qué Biotecnología de ArgenBio. (2014). Consideraciones didácticas para enseñar biotecnología a niños y jóvenes entre 12 y 17 años. Buenos Aires: Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Argentina.

Fundación Antama (2016): La aceptación de los alimentos MG crece cuanto mayor es el nivel educativo del consumidor. Chile: Asociación Gremial ChileBIO CropLife. América.

Fundación Antama (2017): Premiado un joven científico indio por su trabajo en el desarrollo de variedades de trigo de alto rendimiento. Chile: Asociación Gremial ChileBIO CropLife. América.

b. Webgrafía

Libros electrónicos

Romero, G.M^a. (2009). Biotecnología: generalidades, riesgos y beneficios. Última consulta: 20/05/2018.

<http://www.uned.es/experto-biotecnologia-alimentos/TrabajosSelecc/GloriaRomero.pdf>

Sociedad Española de Biotecnología. (2000). Plantas transgénicas: preguntas y respuestas. Última consulta: 26/05/2018.

<http://www.febiotecdivulga.es/Publicaciones/PlantasTransgenicas.pdf>

Sociedad Española de Biotecnología. (2010). Biotecnología y salud: preguntas y respuestas. Última consulta: 26/05/2018.

http://www.monsantoglobal.com/global/es/noticias-y-opiniones/Documents/otras_publicaciones/Sebiot_2.pdf

Revista digital

López, R.JA. (2009, 15 de marzo). “La importancia de los conocimientos previos para el aprendizaje de nuevos contenidos”. *Innovación y experiencias educativas*. 16. Última consulta: 30/05/2018.

https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_16/JOSE%20ANTONIO_LOPEZ_1.pdf

Blogs

Cnidus (24 de julio de 2009). “El Huerto Evolutivo” (1): Evolución en un cacho de pan [Entrada en blog]. La Ciencia y sus Demonios. Última consulta: 29/05/2018. Recuperado de:

<https://lacienciaysusdemonios.com/2009/07/24/evolucion-en-un-cacho-de-pan/>

Giménez, F.J. (13 de julio de 2014). ¿El fin de las clases magistrales? [Entrada en blog]. Scilogs. Última consulta: 31/05/2018. Recuperado de:

<https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/39/posts/el-fin-de-las-clases-magistrales-12252#comentarios>

Manuel, J.M. (11 de julio de 2014). ¿Obtener una planta a partir de una hoja? [Entrada en blog]. Tomates con genes. Última consulta: 27/05/2018. Recuperado de:

<http://jmmulet.naukas.com/2014/07/11/obtener-una-planta-partir-de-una-hoja/>

c. Recursos didácticos

Para la actividad “Obtención de plantas a partir de una célula”(Cultura Científica):

Didactilia. Última consulta: 03/06/2018.

<https://didactalia.net/comunidad/materialeducativo>

Google Académico. Última consulta: 03/06/2018.

<https://scholar.google.es/>

La Neta de tu Planeta. Última consulta: 02/06/2018.

<http://www.lanetadetuplaneta.com/queeslanetadetuplaneta/>

Proyecto biosfera. Última consulta: 04/06/2018.

<http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/>

Youtube:

Lanetadetuplaneta. (2013, 29 agosto). *¡Hablemos sobre transgénicos! Evolución, legalidad y beneficios* [Archivo de vídeo]. Última consulta: 31/05/2018.

<https://www.youtube.com/watch?v=VWdlEUhTlik>

Afpes. (2014, 4 julio). *Organismos genéticamente modificados* [Archivo de vídeo]. Última consulta: 31/05/2018.

<https://www.youtube.com/watch?v=3ghYfIGc3Qw>

Para la actividad “Mmini herbario”(Biología y Geología):

Asociación Micológica y Botánica “Ribera del Malucas”. Última consulta: 01/06/2018.

<http://www.riberamalucas.com/catalogobotanica.htm>

PRAE. Última consulta: 01/06/2018.

http://praecyl.es/ficheros/catalogoflorahumilispdf130311_095154.pdf

Youtube:

CosasdeRaquel. (2014, 6 de abril). *Cómo hacer un herbario Parte 1. Recolectar, prensar y secar* [Archivo de vídeo]. Última consulta: 02/06/2018.

<https://www.youtube.com/watch?v=8Bl4tPPNfqY>

CosasdeRaquel. (2014, 23 de diciembre). *Cómo hacer un herbario Parte 2. Pegar, etiquetar y presentar* [Archivo de vídeo]. Última consulta: 02/06/2018.

<https://www.youtube.com/watch?v=9EeORZztxR8>

ANEXOS

Anexo 1

Bloque 4. La biodiversidad		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>La clasificación y la nomenclatura de los grupos principales de seres vivos.</p> <p>Las grandes zonas biogeográficas.</p> <p>Patrones de distribución. Los principales biomas.</p> <p>Factores que influyen en la distribución de los seres vivos: geológicos, climáticos y biológicos.</p> <p>Experiencias para el estudio de la biodiversidad.</p> <p>La conservación de la biodiversidad y acciones para evitar su pérdida.</p> <p>El factor antrópico en la conservación y en la pérdida de la biodiversidad.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer los grandes grupos taxonómicos de seres vivos. 2. Interpretar los sistemas de clasificación y nomenclatura de los seres vivos. 3. Definir el concepto de biodiversidad y conocer los principales índices de cálculo de diversidad biológica. 4. Conocer las características de los tres dominios y los cinco reinos en los que se clasifican los seres vivos. 5. Situar las grandes zonas biogeográficas y los principales biomas. 6. Relacionar las zonas biogeográficas con las principales variables climáticas. 7. Interpretar mapas biogeográficos y determinar las formaciones vegetales correspondientes. 8. Valorar la importancia de la latitud, la altitud y otros factores geográficos en la distribución de las especies. 9. Relacionar la biodiversidad con el proceso evolutivo. 10. Describir el proceso de especiación y enumerar los factores que lo condicionan. 11. Reconocer la importancia biogeográfica de la Península Ibérica en el mantenimiento de la biodiversidad. 12. Conocer la importancia de las islas como lugares que contribuyen a la biodiversidad y a la evolución de las especies. 13. Definir el concepto de endemismo y conocer los principales endemismos de la flora y la fauna españolas. 14. Conocer las ventajas de la biodiversidad en campos como la salud, la medicina, la alimentación y la industria. 	<ol style="list-style-type: none"> 1.1. Identifica los grandes grupos taxonómicos de los seres vivos. 1.2. Aprecia el reino vegetal como desencadenante de la biodiversidad. 2.1. Conoce y utiliza claves dicotómicas u otros medios para la identificación y clasificación de diferentes especies de animales y plantas. 3.1. Conoce el concepto de biodiversidad y relaciona este concepto con la variedad y abundancia de especies. 3.2. Resuelve problemas de cálculo de índices de diversidad. 4.1. Reconoce los tres dominios y los cinco reinos en los que agrupan los seres vivos. 4.2. Enumera las características de cada uno de los dominios y de los reinos en los que se clasifican los seres vivos. 5.1. Identifica los grandes biomas y sitúa sobre el mapa las principales zonas biogeográficas. 5.2. Diferencia los principales biomas y ecosistemas terrestres y marinos. 6.1. Reconoce y explica la influencia del clima en la distribución de biomas, ecosistemas y especies. 6.2. Identifica las principales variables climáticas que influyen en la distribución de los grandes biomas. 7.1. Interpreta mapas biogeográficos y de vegetación. 7.2. Asocia y relaciona las principales formaciones vegetales con los biomas correspondientes. 8.1. Relaciona la latitud, la altitud, la continentalidad, la insularidad y las barreras orogénicas y marinas con la distribución de las especies. 9.1. Relaciona la biodiversidad con el proceso de formación de

	<p>15. Conocer las principales causas de pérdida de biodiversidad, así como las amenazas más importantes para la extinción de especies.</p> <p>16. Enumerar las principales causas de origen antrópico que alteran la biodiversidad y qué medidas contribuirán a reducir la pérdida de la biodiversidad.</p> <p>17. Comprender los inconvenientes producidos por el tráfico de especies exóticas y por la liberación al medio de especies alóctonas o invasoras.</p> <p>18. Describir las principales especies y valorar la biodiversidad de un ecosistema cercano.</p>	<p>especies mediante cambios evolutivos.</p> <p>9.2. Identifica el proceso de selección natural y la variabilidad individual como factores clave en el aumento de biodiversidad.</p> <p>10.1. Enumera las fases de la especiación</p> <p>10.2. Identifica los factores que favorecen la especiación.</p> <p>11.1. Sitúa la Península Ibérica y reconoce su ubicación entre dos áreas biogeográficas diferentes.</p> <p>11.2. Reconoce la importancia de la Península Ibérica como mosaico de ecosistemas.</p> <p>11.3. Enumera los principales ecosistemas de la península ibérica y sus especies más representativas.</p> <p>12.1. Enumera los factores que favorecen la especiación en las islas. 12.2. Reconoce la importancia de las islas en el mantenimiento de la biodiversidad.</p> <p>13.1. Define el concepto de endemismo o especie endémica.</p> <p>13.2. Identifica los principales endemismos de plantas y animales en España.</p> <p>14.1. Enumera las ventajas que se derivan del mantenimiento de la biodiversidad para el ser humano.</p> <p>15.1. Enumera las principales causas de pérdida de biodiversidad.</p> <p>15.2. Conoce y explica las principales amenazas que se ciernen sobre las especies y que fomentan su extinción.</p> <p>16.1. Enumera las principales causas de pérdida de biodiversidad derivadas de las actividades humanas.</p> <p>16.2. Indica las principales medidas que reducen la pérdida de biodiversidad.</p> <p>17.1. Conoce y explica los principales efectos derivados de la introducción de especies alóctonas en los ecosistemas.</p> <p>18.1. Diseña experiencias para el estudio de ecosistemas y la valoración de su biodiversidad.</p>
--	--	---

Anexo 2

Bloque 4. La revolución genética		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>Hechos históricos importantes en el estudio de la genética.</p> <p>El ADN, composición química y estructura. Transmisión de información genética del ADN.</p> <p>Biotecnología. Técnicas utilizadas. Tecnología del ADN recombinante. Aplicaciones.</p> <p>Técnicas de ingeniería genética. Aplicaciones. Animales transgénicos. Plantas transgénicas. Terapia génica.</p> <p>Clonación. Tipos. Células madre. Aplicaciones.</p> <p>La reproducción sexual humana. La reproducción asistida. Técnicas.</p> <p>El genoma humano. El Proyecto Genoma humano. HapMap y Encode.</p> <p>Riesgos de la biotecnología. Aspectos éticos.</p>	<p>1. Reconocer los hechos históricos más relevantes para el estudio de la genética.</p> <p>2. Obtener, seleccionar y valorar informaciones sobre el ADN, el código genético, la ingeniería genética y sus aplicaciones médicas.</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>8. Identificar algunos problemas sociales y dilemas morales debidos a la aplicación de la genética: obtención de transgénicos, reproducción asistida y clonación.</p>	<p>1.1. Conoce y explica el desarrollo histórico de los estudios llevados a cabo dentro del campo de la genética.</p> <p>2.1. 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> <p>3.1. 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>4.1. Analiza las aplicaciones de la ingeniería genética en la obtención de fármacos, transgénicos y terapias génicas.</p> <p>5.1. Establece las repercusiones sociales y económicas de la reproducción asistida, la selección y conservación de embriones.</p> <p>6.1. Describe y analiza las posibilidades que ofrece la clonación en diferentes campos.</p> <p>7.1. Reconoce los diferentes tipos de células madre en función de su procedencia y capacidad generativa, estableciendo en cada caso las aplicaciones principales.</p> <p>8.1. Valora, de forma crítica, los avances científicos relacionados con la genética, sus usos y consecuencias médicas y sociales.</p> <p>8.2. Explica las ventajas e inconvenientes de los alimentos transgénicos, razonando la conveniencia o no de su uso.</p>

Anexo 3

Los resultados de éste test de opción múltiple son anónimos.

TIPO TEST. Lee detenidamente las siguientes preguntas y rodea la respuesta correcta.

1. Los procesos biotecnológicos.

- a. Se han conseguido en los últimos 2 años.
- b. Son realizados sólo por los organismos transgénicos.
- c. Se aprovechan desde hace más de 6.000 años.
- d. Nada más que pueden realizarse en un laboratorio.

2. Se han obtenido mejores resultados en vegetales que en animales en la aplicación de la biotecnología porque:

- a. Las células de los vegetales pueden ser totipotentes.
- b. Se obtiene más descendencia en vegetales.
- c. Las crías de los animales son muy débiles.
- d. Los animales son más complicados de criar.

3. Marca la opción correcta:

- a. El fin de la biotecnología consiste en aumentar el número de organismos transgénicos.
- b. El pan es un alimento obtenido por biotecnología.
- c. La biotecnología es utilizada desde hace muy poco tiempo.
- d. La biotecnología es una disciplina que recoge el conocimiento de una sola ciencia.

4. La mejora genética de las especies por biotecnología:

- a. Se ha realizado desde siempre por selección artificial.
- b. La produce la selección natural.
- c. Se consigue modificando el genoma de los organismos seleccionados.
- d. Se consigue mediante cruzamientos seleccionados entre individuos escogidos.

5. Los organismos genéticamente modificados:

- a. Sólo se forman si se quita un gen a un organismo.
- b. Sólo se forman cuando se añade un gen a un organismo.
- c. Son producidos por aplicación de la ingeniería genética.
- d. Se forman por mutación.

6. Los organismos transgénicos:

- a. Son todos los organismos genéticamente modificados.
- b. Se producen por selección natural.
- c. Se forman por modificación del genoma de un ser, con genes de otra especie.
- d. Se forman por modificación del genoma de un ser, con genes de su misma especie.

7. Algunos organismos transgénicos podrían paliar las deficiencias alimenticias porque:

- a. Se añaden genes que aumentan el valor nutritivo.
- b. Son resistentes a antibióticos.
- c. Son resistentes a herbicidas.
- d. Son resistentes a insectos.

8. Las enzimas de restricción

- a. Actúan sobre secuencias al azar.
- b. Actúan sobre la célula anfitriona.
- c. Actúan cortando secuencias de restricción.
- d. Actúan solamente sobre el vector.

9. Un medio de enriquecimiento:

- a. Permite el crecimiento de un tipo de microorganismo, inhibiendo el desarrollo de los demás.
- b. Favorece el crecimiento de un grupo de microorganismos, sin inhibir el de los otros.
- c. Impide el crecimiento de los microorganismos.
- d. La respuesta a y b son correctas.

10. En la industria alimentaria, la aplicación de los productos formados por organismos genéticamente modificados produce:

- a. Cáncer.
- b. Más gastos y menos beneficios.
- c. Riesgos para el sistema circulatorio.
- d. Mayor productividad.

11. ¿Los organismos genéticamente modificados son aceptados por toda la sociedad?

- a. No.
- b. Sí, porque pueden ser comercializados libremente.
- c. Sí, porque se pueden liberar al medio ambiente.
- d. Son aceptados por el 95% de la población.

Las preguntas que aparecen a continuación son personales (cualquier respuesta puede ser válida).

12. ¿Has realizado alguna actividad en relación con la biotecnología fuera del aula en 4º de ESO (laboratorio, campo, etc.)?

- a. Ninguna, la totalidad de las clases eran teóricas.
- b. 1.
- c. 2-3.
- d. 4 o más.

13. ¿Prefieres que la biotecnología se emplee en biomedicina o para fabricar alimentos transgénicos?

- a. Alimentos transgénicos.
- b. Biomedicina.
- c. Ambas.
- d. Ninguna.

14. ¿Crees que el consumo de plantas transgénicas supone un peligro para la salud de las personas?

- a. Por supuesto.
- b. No lo sé.
- c. En ningún caso.

15. ¿Conoces cómo se elabora una planta transgénica?

- a. No, pero me gustaría aprender.
- b. Sí.
- c. No, no me interesa.
- d. Sí, pero no quiero hacer esta actividad.

16. ¿Te gustaría saber más sobre las plantas transgénicas?

- a. Sí, me interesa el tema.
- b. Regular.
- c. Me es indiferente.
- d. En absoluto.

¡GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!

Anexo 4

Los resultados de éste cuestionario son anónimos.

CUESTIONARIO. Actividad: “Obtención de plantas a partir de una célula”.

ITEMS	RESPUESTA
1. ¿Crees que el tiempo que hemos tenido para realizar cada sesión ha sido el suficiente?	1. Sobresaliente. 2. Bien. 3. Insuficiente.
2. ¿Te ha gustado obtener trigo a partir de una célula?	1. Sobresaliente. 2. Bien. 3. Insuficiente.
3. ¿Querrías hacer la práctica de las plantas transgénicas en un futuro?	1. Sobresaliente. 2. Bien. 3. Insuficiente.
4. ¿Has aprendido a utilizar instrumentos de laboratorio que antes desconocías?	1. Sobresaliente. 2. Bien. 3. Insuficiente.
5. ¿El guion proporcionado te ha servido para seguir las sesiones sin problemas?	1. Sobresaliente. 2. Bien. 3. Insuficiente.
6. Después de hacer la actividad, ¿los conocimientos que tenías sobre el tema han mejorado?	1. Sobresaliente. 2. Bien. 3. Insuficiente.
7. ¿Piensas que las técnicas de ingeniería genética y los herbarios son innecesarios, y por tanto, se están maltratando a las plantas?	1. Sobresaliente. 2. Bien. 3. Insuficiente.
8. ¿Se corresponden los contenidos vistos en clase con los del laboratorio en cuanto a dificultad?	1. Sobresaliente. 2. Bien. 3. Insuficiente.
9. ¿Hay algún aspecto que mejorarías? En caso afirmativo, escriba cuál debajo del cuestionario.	1. Sobresaliente. 2. Bien. 3. Insuficiente.