

**TRABAJO FINAL DEL MÁSTER EN PROFESOR DE ENSEÑANZA SECUNDARIA
OBLIGATORIA Y BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZA
DE IDIOMAS**

ESPECIALIDAD BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA



Universidad de Valladolid

**LA BIOTECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD:
PROPUESTA DE SITUACIONES DE APRENDIZAJE PARA LA
ENSEÑANZA DE BIOTECNOLOGÍA EN BACHILLERATO**

Curso 2022-2023

Tutora: Alessandra Girotti

Alumna: Carmen Escobar Robles

Índice de contenidos

1. Introducción	5
2. Justificación: Importancia de la enseñanza de la Biotecnología para la sociedad	8
3. Objetivos	11
4. Marco legal y curricular	12
4.1. Saberes básicos curriculares relacionados con la Biotecnología	12
4.2. Competencias específicas y sus criterios de evaluación correspondientes	14
4.3. Contribución a los objetivos de etapa	19
5. Encuesta	22
5.1. Metodología	22
5.2. Análisis de los resultados	24
5.3. Conclusiones de la encuesta	32
6. Situaciones de Aprendizaje	34
6.1. Biotecnología alimentaria: Proyecto de Fermentaciones	34
6.2. Role playing: Debate sobre transgénicos	44
6.3. Role playing: Debate sobre vacunación	50
6.4. Ingeniería genética: resolviendo un problema.	56
7. Consideraciones generales sobre la evaluación	65
8. Atención a la diversidad	67
9. Conclusiones	68
10. Bibliografía y Webgrafía	69
11. Anexos	73

Índice de tablas

Tabla 1. Distribución geográfica de los datos de la encuesta.	22
Tabla 2. Concreción curricular de la situación de aprendizaje “Producimos alimentos mediante fermentación”	34
Tabla 3. Evaluación de la situación de aprendizaje “Producimos alimentos mediante fermentación”	40
Tabla 4. Indicadores de logro de los saberes básicos de la situación de aprendizaje “Producimos alimentos mediante fermentación”	41
Tabla 5. Criterios de evaluación de la situación de aprendizaje “Producimos alimentos mediante fermentación”	42
Tabla 6. Concreción curricular de la situación de aprendizaje “¿Son nocivos los organismos genéticamente modificados?”	44
Tabla 7. Evaluación de la situación de aprendizaje “¿Son nocivos los organismos genéticamente modificados?”	47
Tabla 8. Indicadores de logro de los saberes básicos de la situación de aprendizaje “¿Son nocivos los organismos genéticamente modificados?”	48
Tabla 9. Criterios de evaluación de la situación de aprendizaje “¿Son nocivos los organismos genéticamente modificados?”	49
Tabla 10. Concreción curricular de la situación de aprendizaje “¿Son peligrosas las vacunas?”	50
Tabla 11. Evaluación de la situación de aprendizaje “¿Son peligrosas las vacunas?”	53
Tabla 12. Indicadores de logro de los saberes básicos de la situación de aprendizaje “¿Son peligrosas las vacunas?”	54
Tabla 13. Criterios de evaluación de la situación de aprendizaje “¿Son peligrosas las vacunas?”	55
Tabla 14. Concreción curricular de la situación de aprendizaje “Utilizamos la biotecnología para salvar la humanidad”	56
Tabla 15. Evaluación de la situación de aprendizaje “Utilizamos la biotecnología para salvar la humanidad”	61
Tabla 16. Indicadores de logro de los saberes básicos de la situación de aprendizaje “Utilizamos la biotecnología para salvar la humanidad”	62
Tabla 17. Criterios de evaluación de la situación de aprendizaje “Utilizamos la biotecnología para salvar la humanidad”	63

Índice de figuras

Figura 1. Distribución por edades de los resultados de la encuesta _____	22
Figura 2. Distribución por itinerarios de los resultados de la encuesta _____	22
Figura 3. Distribución de las respuestas de 1º de Bachillerato a la pregunta “¿En algún momento has recibido información relacionada con la biotecnología por parte de tus profesores?” _____	24
Figura 4. Distribución de las respuestas de 2º de Bachillerato a la pregunta “¿En algún momento has recibido información relacionada con la biotecnología por parte de tus profesores?” _____	24
Figura 5. Distribución de las respuestas de 1º de Bachillerato a la pregunta “Cuando oyes hablar de biotecnología, ¿cuál de las siguientes opciones relacionadas con la biotecnología consideras más importante?” _____	25
Figura 6. Distribución de las respuestas de 2º de Bachillerato a la pregunta “Cuando oyes hablar de biotecnología, ¿cuál de las siguientes opciones relacionadas con la biotecnología consideras más importante?” _____	25
Figura 7. Distribución de las respuestas de 1º de Bachillerato a la pregunta “¿Conoces alguna aplicación de la Biotecnología tradicional? ¿Cuál?” _____	26
Figura 8. Distribución de las respuestas de 2º de Bachillerato a la pregunta “¿Conoces alguna aplicación de la Biotecnología tradicional? ¿Cuál?” _____	26
Figura 9. Distribución de las respuestas de 1º de Bachillerato a la pregunta “¿Qué importancia tiene la Biotecnología en la sociedad actual?” _____	27
Figura 10. Distribución de las respuestas de 2º de Bachillerato a la pregunta “¿Qué importancia tiene la Biotecnología en la sociedad actual?” _____	28
Figura 11. Distribución de las respuestas de 1º de Bachillerato a la pregunta “Señala todas las fuentes que utilizas para informarte sobre temas relacionados con la biotecnología” _____	30
Figura 12. Distribución de las respuestas de 2º de Bachillerato a la pregunta “Señala todas las fuentes que utilizas para informarte sobre temas relacionados con la biotecnología” _____	31
Figura 13. Elementos de la evaluación _____	66

Resumen

A lo largo de las últimas décadas el desarrollo de la biotecnología en sus diferentes campos ha supuesto importantes avances para la humanidad. Estos avances científicos se producen a gran velocidad y esto supone que el currículo escolar se quede atrás respecto a los mismos. Por eso, en el presente trabajo se ha realizado una encuesta entre estudiantes de 4º de la ESO y bachillerato para detectar las carencias educativas y conceptuales en el ámbito de la biotecnología. Después se han utilizado estos datos para diseñar una serie de situaciones de aprendizaje para primero y segundo de bachillerato que permitan reforzar la enseñanza de la biotecnología en esta etapa mediante metodologías activas. Además se propone en cada una de ellas una evaluación compuesta de la valoración de las competencias y de los saberes básicos de manera global.

Palabras clave: enseñanza, biotecnología, bachillerato, competencias, evaluación, metodologías activas.

1. Introducción

El presente trabajo está dedicado, en primer lugar, a discutir la importancia de la enseñanza de la biotecnología para las sociedades del futuro, así como las metodologías más adecuadas para obtener un buen rendimiento en el proceso. Posteriormente se analiza una encuesta realizada entre adolescentes de diferentes ciudades del país sobre sus conocimientos, ideas previas e inquietudes en el ámbito de la biotecnología. Se utilizará esa información para proponer una serie de situaciones de aprendizaje para trabajar diferentes contenidos relacionados con la biotecnología en las aulas de primero y segundo de Bachillerato.

El objetivo de estas propuestas didácticas es acercar y facilitar la enseñanza de la biotecnología a los docentes de secundaria. En una encuesta realizada a 93 docentes de educación secundaria en el año 2012 se llegó a la conclusión de que el profesorado sobreestima los obstáculos que presenta la enseñanza de la biotecnología, sobre todo en lo que se refiere a las limitaciones de materiales y recursos (Fonseca et al., 2012). En este trabajo se desarrollan situaciones de aprendizaje en su mayoría aplicables en cualquier Instituto de Enseñanza Secundaria (IES) público con recursos económicos limitados o incluso sin una instalación de laboratorio adecuada.

Es menester comenzar por definir el concepto de “biotecnología”. Según la Enciclopedia Britannica es *“el uso de la biología para resolver problemas y fabricar productos útiles”* (Britannica, 2023). Se podría definir también como “la aplicación de procesos biológicos a la producción de materiales de uso en industria y medicina, así como de alimentos y bebidas.” En el año 2018 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) publicó una definición de Biotecnología consensuada estadísticamente que dice lo siguiente: *“Es la aplicación de ciencia y tecnología a organismos vivos, así como a partes, productos y modelos, para alterar materiales vivos y no-vivos con el objetivo de producir conocimiento, bienes y servicios.”* (Friedrichs y Beuzekom, 2018)

La aplicación de procesos biotecnológicos en la producción de alimentos y bebidas es casi tan antigua como la civilización tal y como la conocemos, pero es cierto que fue durante la década de 1990 cuando su empleo tanto en la ciencia como en la industria empezó a experimentar un crecimiento mayor. Este crecimiento en importancia de la biotecnología culminó con la

publicación del genoma humano en 2003, abriéndose una nueva rama de la ciencia que está siendo especialmente relevante en el desarrollo de la ciencia en los últimos años: la genómica (Burguete, 2009).

Emilio Muñoz, en su trabajo “Biotecnología, Sociedad y Economía: una visión personal” habla del carácter evolutivo de la biotecnología, como ciencia que se encuentra en constante evolución pero que forma parte de la historia de la humanidad. De esta manera se distingue entre *biotecnología antigua* “que se ha orientado fundamentalmente a las aplicaciones destinadas a la conservación y transformación de alimentos pero que se extiende en el área sanitaria al descubrimiento de las vacunas” y *biotecnología moderna* que “se origina a mediados del siglo pasado con los importantes avances en la molecularización de la biología celular: estructura del ADN, código genético, genética molecular y del desarrollo, y marcada de forma especial por los dos descubrimientos seminales para la estrategia de nuevas aplicaciones biotecnológicas como son la ingeniería genética y los anticuerpos monoclonales” (Muñoz, 2014). El mismo autor propone la incorporación del término *biotecnología actual o contemporánea* para englobar los últimos avances en el campo de las células madre, la genómica, proteómica y otras ómicas, biomedicina, nanobiotecnología y otros nuevos campos que están en constante evolución.

Pero no podemos hablar de biotecnología sin mencionar las implicaciones éticas de la aplicación de esta rama de las ciencias, que en algunos aspectos genera un rechazo por sectores de la sociedad que, si no son mayoritarios, si que son numerosos. Esto sumado a su reciente aparición hace necesario que desde el ámbito de la Educación se realice un esfuerzo de revisión y mejora en el proceso de la enseñanza y aprendizaje de la biotecnología. En un reciente estudio llevado a cabo en la Universidad de Murcia, se analizaron las causas, relacionadas con el nivel educativo, del escaso número de trabajos en el campo de la biotecnología que hay en España. Las autoras concluyen que “el nivel de conocimiento adquirido sobre conceptos básicos en biotecnología y sus diferentes aplicaciones, podría mejorarse” (López-Banez et al, 2020).

Por otra parte, este trabajo atiende a las necesidades en cuanto a la nueva forma de evaluación que exige la ley. Se hace una propuesta para la evaluación por competencias de dichas situaciones de aprendizaje, atendiendo al marco de la nueva ley educativa, la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Este esfuerzo que supone una abstracción y realizar una propuesta para llevar a la práctica fundamentos, hasta el momento puramente teóricos se debe al amplio descontento que habita entre el profesorado de secundaria del país ante la entrada en vigor de la nueva ley educativa, ya que no cuentan con las directrices adecuadas para su correcta aplicación. Como

hemos visto a lo largo del curso 2022-2023, la nueva ley se ha aplicado sin que estén claras las formas, en marzo todavía no había programaciones y la evaluación por competencias no se puso en marcha hasta el tercer trimestre.

La nueva ley introduce en el sistema educativo varias cosas positivas, como son el aprendizaje y evaluación competencial, la agenda 2030 o la atención a la diversidad. Esto, de momento, implica un aumento de la carga burocrática para el profesorado que hace que en los últimos meses nos hayamos encontrado titulares como este de la Gaceta de Salamanca “Los profesores, al límite: el nuevo sistema para evaluar a los alumnos ahoga a los docentes” (C.R., abril de 2023). En este artículo se recogen las declaraciones de Guillermo Bueno, del sindicato ANPE, que asegura que con todo este trabajo, se va a acabar evaluando mal y “sin rigor”. Por otra parte existe miedo a que los contenidos pierdan importancia y por ende, la calidad de la educación disminuya considerablemente.

Por estas razones el presente trabajo propone una metodología de enseñanza para la biotecnología respetando el marco de la LOMLOE y proponiendo un método de evaluación por competencias paralelo a la evaluación de los contenidos.

2. Justificación: Importancia de la enseñanza de la Biotecnología para la sociedad

La enseñanza de la biotecnología se incluye en la formación escolar a raíz de la necesidad económica y empresarial de que haya ciudadanos con esos conocimientos. Es necesaria en dos niveles, el primero para formar ciudadanos y ciudadanas capaces de tener una opinión crítica, auto informada y lógica sobre temas de actualidad que afectan a la vida diaria y a las decisiones políticas. El segundo nivel es el de formar profesionales que tengan las habilidades y el conocimiento necesarios para seguir desarrollando la ciencia biotecnológica en el futuro.

Por otro lado, y en orden de formar ciudadanos y ciudadanas capaces de entrar en los debates que se producen en torno a temas relacionados con la biología y la biotecnología, de forma crítica y con conocimiento de causa, debemos abordar la bioética a lo largo del currículo de las asignaturas relacionadas. Tal y como recoge Ángel Espejo (2004) en su tesina “Introducción de la bioética en el sistema educativo español” este tema brilla por su ausencia. El trabajo de Espejo se centra en el alumnado del segundo ciclo de educación secundaria obligatoria y ambos cursos de bachillerato. Algunas de sus conclusiones son que la mayor parte de la información en cuestiones o dilemas bioéticos la reciben de los medios de comunicación, que apenas se imparten contenidos bioéticos en las enseñanzas actuales y los que se dan no tienen precisión científica y que el alumnado está muy interesado en adquirir estos conocimientos (Espejo, 2004).

Este tipo de debates, en especial en lo referente a las prácticas de vacunación, se han visto intensificados a raíz de la reciente pandemia causada por el coronavirus COVID19. Desde el pasado año 2020 conceptos antes desconocidos como PCR y ARN mensajero han saltado a los grandes medios de comunicación para tratar de ser explicados a toda la población. Debido a la separación que existe entre ciencia y sociedad, el aumento del interés general por el campo de la biotecnología debe ser aprovechado en beneficio de la educación, como una oportunidad para acercar la ciencia a la vida cotidiana. (Blanco, 1993)

A pesar de las numerosas aplicaciones, beneficios y avances médicos y sociales que han sido posibles gracias al desarrollo de la biotecnología, hay un fuerte rechazo social a algunas de sus aplicaciones. En este aspecto se habla de los organismos modificados genéticamente (OMG o transgénicos), del uso de células madre en investigación, de la posibilidad de hacer “bebés a la carta” e incluso de las vacunas. En un artículo publicado en la revista «Proceedings of the National Academy of Sciences» en 2022 en el que se investigan las causas de este rechazo social, sus autores llegan a la conclusión de que es lo que ocurre cuando la información científica entra en conflicto con lo que la gente ya piensa o con su estilo de pensamiento y que se genera una posición “anticientífica” en las personas, es decir, de rechazo hacia toda la información que provenga de un ámbito científico (Phillip-Muller et al, 2022).

Es de crucial importancia entonces desarrollar la capacidad del pensamiento científico en todos los y las jóvenes. Transmitir el hecho de que las contradicciones son una constante en el avance del conocimiento. Para poder llevar a buen término este objetivo las metodologías activas son una gran herramienta, pues permiten al sujeto experimentar en primera persona las evidencias y sus contradicciones dentro de una experiencia verdaderamente científica. Existen numerosos estudios que avalan la potencia de las metodologías activas como herramienta para la enseñanza en el campo de las ciencias experimentales. En el trabajo realizado en 2017 por LaCosse y su equipo se demostró la mejora del aprendizaje del método científico cuando los estudiantes lo llevaron a cabo de manera práctica. En otro estudio realizado para verificar que el aprendizaje basado en problemas (ABP) mejora la habilidad de pensamiento científico, los resultados mostraron que el ABP es válido, práctico y efectivo para lograr este objetivo (Syamsidah, 2018).

Por otra parte, las metodologías activas mejoran la motivación y esto puede llegar a generar un impulso de autoaprendizaje en los alumnos y alumnas. Existen numerosos estudios que apuntan a que el uso de metodologías activas de aprendizaje favorece el aumento de la motivación, tanto intrínseca como extrínseca, del alumnado. Por ejemplo, Cicuto y Torres (2016) concluyen que “el ambiente de aprendizaje activo tuvo un impacto positivo en la motivación del alumnado”. Además, promueve la adquisición de herramientas que les van a permitir llevar a cabo un aprendizaje autónomo que les facilite seguir formándose a lo largo de su vida. En 2011, Paxman y su equipo aseguraron que “el aprendizaje activo fomenta la mejora de los niveles de confianza, motivación y control [...] contribuyendo a la autonomía general del alumno” (Paxman, Nield y Hall, 2011). En concreto, el análisis estadístico realizado por Soltanzadeh y su equipo en 2013 con una muestra de 1.023 alumnos y alumnas de instituto demostró que había una diferencia significativa entre la motivación conseguida mediante las metodologías tradicionales y las basadas en aprendizaje activo (Soltanzadeh et al., 2013)

Por todos los motivos que se han descrito, en el presente trabajo se ha realizado una encuesta entre estudiantes de 4º de la ESO y bachillerato para detectar las carencias educativas y conceptuales en el ámbito de la biotecnología. Después se han utilizado estos datos para diseñar una serie de situaciones de aprendizaje para primero y segundo de bachillerato que permitan reforzar la enseñanza de la biotecnología en esta etapa mediante metodologías activas. Además se propone en cada una de ellas una evaluación compuesta de la valoración de las competencias y de los saberes básicos de manera global.

3. Objetivos

Debido a los recientes avances en el campo y sus valiosas aportaciones a la sociedad, la enseñanza de la biotecnología se ha convertido en un área de estudio crucial en el campo de la educación científica. Es fundamental que los educadores estén preparados para enseñar este campo de manera efectiva y motivadora. El presente trabajo final de máster tiene como objetivo principal el diseño de situaciones de aprendizaje y estrategias de enseñanza más eficaces para promover el aprendizaje de la biotecnología en el contexto educativo, poniendo en valor su importancia social. Para lograr este objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Dar a conocer la importancia de la Biotecnología en la sociedad actual a través de las situaciones de aprendizaje que se proponen..
- Revisar y corregir falsas creencias que existen en torno a conceptos relacionados con la biotecnología.
- Conectar los saberes básicos con sus aplicaciones prácticas para la vida cotidiana.
- Promover la adquisición de las competencias necesarias para el diseño de un proyecto de investigación en el área de la Biotecnología.
- Proponer situaciones de aprendizaje en el ámbito de la Biotecnología en función de la ley educativa vigente.
- Proporcionar al alumnado las herramientas necesarias para tomar una postura crítica y argumentada en los debates de actualidad sobre temas relacionados con la biotecnología
- Concretar mecanismos para la evaluación tanto de las competencias como de los saberes básicos relacionados con la Biotecnología en las asignaturas de Biología de 1º y 2º de Bachillerato.

4. Marco legal y curricular

En la actualidad, a nivel estatal nos encontramos en un proceso de transición de la LOMCE (2013) hacia la nueva ley, la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre. Esta nueva ley es conocida como la LOMLOE, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) y que a su vez estaba modificada por la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, la denominada LOMCE, la cual queda derogada.

Como ya hemos visto en los anteriores epígrafes, la biotecnología es una ciencia multidisciplinaria que abarca numerosas áreas de conocimiento. Es por eso que su enseñanza se encuentra diseminada en numerosas partes del currículo oficial, resumidas en el siguiente apartado:

4.1. Saberes básicos curriculares relacionados con la Biotecnología

CURSO 1º de BACHILLERATO.

ASIGNATURA: BIOLOGÍA, GEOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

Bloque A. Proyecto científico

- Hipótesis, preguntas, problemas y conjeturas: planteamiento con perspectiva científica.
- Estrategias para la búsqueda de información, colaboración, comunicación e interacción con instituciones científicas: herramientas digitales, formatos de presentación de procesos, resultados e ideas (diapositivas, gráficos, vídeos, posters, informes y otros).
- Fuentes fiables de información: búsqueda, reconocimiento y utilización.
- Experiencias científicas de laboratorio o de campo: diseño, planificación y realización. Contraste de hipótesis. Controles experimentales.
- Métodos de análisis de resultados científicos: organización, representación y herramientas estadísticas.
- Estrategias de comunicación científica: vocabulario científico, formatos (informes, vídeos, modelos, gráficos y otros) y herramientas digitales.
- La labor científica y las personas dedicadas a la ciencia: contribución a las ciencias biológicas, geológicas y ambientales e importancia social. El papel de la mujer en la ciencia.

- La evolución histórica del saber científico: la ciencia como labor colectiva, interdisciplinar y en continua construcción.

Bloque B. Ecología y sostenibilidad

- La relación entre la salud medioambiental, humana y de otros seres vivos: one health (una sola salud)
- El problema de los residuos. Los compuestos xenobióticos: los plásticos y sus efectos sobre la naturaleza y sobre la salud humana y de otros seres vivos. La prevención y gestión adecuada de los residuos.

Bloque G. Los microorganismos y formas acelulares

- Las eubacterias y las arqueobacterias: diferencias.
- El metabolismo bacteriano: ejemplos de importancia ecológica (simbiosis y ciclos biogeoquímicos).
- Los microorganismos como agentes causales de enfermedades infecciosas: zoonosis y epidemias.
- El cultivo de microorganismos: técnicas de esterilización y cultivo.
- Mecanismos de transferencia genética horizontal en bacterias: el problema de la resistencia a antibióticos.
- Las formas acelulares (virus, viroides y priones): características, mecanismos de infección e importancia biológica.

CURSO 2º de BACHILLERATO.

ASIGNATURA: BIOLOGÍA

Bloque B. Genética molecular

- Mecanismo de replicación del ADN: modelo procariota.
- Etapas de la expresión génica: modelo procariota. El código genético: características y resolución de problemas.
- Las mutaciones: su relación con la replicación del ADN, la evolución y la biodiversidad.
- Regulación de la expresión génica: su importancia en la diferenciación celular.
- Proyecto Genoma Humano. Implicaciones en el avance científico y social del siglo XXI. Valoraciones éticas de la manipulación genética y de las nuevas terapias génicas.

Bloque E. Biotecnología

- Técnicas actuales de ingeniería genética (PCR, enzimas de restricción, clonación molecular, CRISPR-CAS9, *etc.*), aplicaciones y principales líneas de investigación.
- Importancia de la biotecnología y productos elaborados por biotecnología: aplicaciones en salud, agricultura, medio ambiente, nuevos materiales, industria alimentaria, *etc.*
- Papel destacado de los microorganismos.
- Aspectos más relevantes del marco normativo europeo sobre la utilización de organismos modificados genéticamente y sus implicaciones éticas.

4.2. Competencias específicas y sus criterios de evaluación correspondientes

A continuación se detallan las competencias específicas que se trabajarán en las situaciones de aprendizaje propuestas, dependiendo del curso y la asignatura en que se apliquen. Cada competencia se encuentra desglosada en sus correspondientes criterios de evaluación. Los indicadores de logro de cada criterio de evaluación se van a diseñar de manera individualizada para cada situación de aprendizaje.

CURSO 1º de BACHILLERATO.

ASIGNATURA: BIOLOGÍA, GEOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

1. Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre estos con precisión y utilizando diferentes formatos para analizar procesos, métodos, experimentos o resultados de las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales
 - 1.1. Analizar críticamente conceptos y procesos relacionados con los saberes de la materia, interpretando información en diferentes formatos (modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas...).
 - 1.2. Comunicar informaciones u opiniones razonadas relacionadas con los saberes de la materia o con trabajos científicos, transmitiéndolas de forma clara y rigurosa, utilizando la terminología y el formato adecuados (modelos, gráficos, tablas, vídeos, informes, diagramas, fórmulas, esquemas y símbolos, entre otros) y herramientas digitales.
 - 1.3. Argumentar sobre aspectos relacionados con los saberes de la materia, defendiendo una postura de forma razonada y con una actitud abierta, flexible, receptiva y respetuosa ante la opinión de los demás.

2. Localizar y utilizar fuentes fiables, identificando, seleccionando y organizando información, evaluándola críticamente y contrastando su veracidad, para resolver preguntas planteadas relacionadas con las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales de forma autónoma.
 - 2.1. Plantear y resolver cuestiones relacionadas con los saberes de la materia, localizando y citando fuentes adecuadas y seleccionando, organizando y analizando críticamente la información.
 - 2.2. Contrastar y justificar la veracidad de la información relacionada con los saberes de la materia, utilizando fuentes fiables y adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin una base científica como pseudociencias, teorías conspiratorias, creencias infundadas, bulos, *etc.*
 - 2.3. Argumentar sobre la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella, destacando el papel de la mujer y entendiendo la investigación como una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución e influida por el contexto político y los recursos económicos.

3. Diseñar, planear y desarrollar proyectos de investigación siguiendo los pasos de las metodologías científicas, teniendo en cuenta los recursos disponibles de forma realista y buscando vías de colaboración, para indagar en aspectos relacionados con las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales.
 - 3.1. Plantear preguntas, realizar predicciones y formular hipótesis que puedan ser respondidas o contrastadas, utilizando métodos científicos y que intenten explicar fenómenos biológicos, geológicos o ambientales.
 - 3.2. Diseñar la experimentación, la toma de datos y el análisis de fenómenos biológicos, geológicos y ambientales y seleccionar los instrumentos necesarios de modo que permitan responder a preguntas concretas y contrastar una hipótesis planteada, minimizando los sesgos en la medida de lo posible.
 - 3.3. Realizar experimentos y tomar datos cuantitativos y cualitativos sobre fenómenos biológicos, geológicos y ambientales, seleccionando y utilizando los instrumentos, herramientas o técnicas adecuadas con corrección y precisión.
 - 3.4. Interpretar y analizar resultados obtenidos en un proyecto de investigación, utilizando, cuando sea necesario, herramientas matemáticas y tecnológicas, reconociendo su alcance y limitaciones y obteniendo conclusiones razonadas y fundamentadas o valorando la imposibilidad de hacerlo.

- 3.5. Establecer colaboraciones dentro y fuera del centro educativo en las distintas fases del proyecto científico con el fin de trabajar con mayor eficiencia, utilizando las herramientas tecnológicas adecuadas, valorando la importancia de la cooperación en la investigación, respetando la diversidad y favoreciendo la inclusión.
4. Buscar y utilizar estrategias en la resolución de problemas analizando críticamente las soluciones y respuestas halladas y reformulando el procedimiento si fuera necesario, para dar explicación a fenómenos relacionados con las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales.
 - 4.1. Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos, geológicos o ambientales, utilizando recursos variados como conocimientos propios, datos e información recabados, razonamiento lógico, pensamiento computacional o herramientas digitales.
 - 4.2. Analizar críticamente la solución a un problema sobre fenómenos biológicos, geológicos o ambientales y modificar los procedimientos utilizados o las conclusiones obtenidas si dicha solución no fuese viable o ante nuevos datos aportados o recabados con posterioridad.
5. Diseñar, promover y ejecutar iniciativas relacionadas con la conservación del medioambiente, la sostenibilidad y la salud, basándose en los fundamentos de las ciencias biológicas, geológicas y ambientales, para fomentar estilos de vida sostenibles y saludables.
 - 5.1. Analizar las causas y consecuencias ecológicas, sociales y económicas de los principales problemas medioambientales desde una perspectiva individual, local y global, concibiéndolos como grandes retos de la humanidad y basándose en datos científicos y en los saberes de la materia.
 - 5.2. Proponer y poner en práctica hábitos e iniciativas sostenibles y saludables a nivel local y argumentar sobre sus efectos positivos y la urgencia de adoptarlos basándose en los saberes de la materia.

CURSO 2º de BACHILLERATO.

ASIGNATURA: BIOLOGÍA

1. Interpretar y transmitir información y datos a partir de trabajos científicos y argumentar sobre estos, con precisión y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos, procesos, métodos, experimentos o resultados de las ciencias biológicas.
 - 1.1. Analizar críticamente conceptos y procesos biológicos, seleccionando e interpretando información en diferentes formatos (modelos, gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas u otros).
 - 1.2. Comunicar informaciones u opiniones razonadas relacionadas con los saberes de la materia, transmitiéndolas de forma clara y rigurosa, utilizando la terminología y el formato adecuados (modelos, gráficos, tablas, vídeos, informes, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos o contenidos digitales, entre otros) y respondiendo de manera fundamentada y precisa a las cuestiones que puedan surgir durante el proceso.
 - 1.3. Argumentar sobre aspectos relacionados con los saberes de la materia, considerando los puntos fuertes y débiles de diferentes posturas de forma razonada y con una actitud abierta, flexible, receptiva y respetuosa ante la opinión de los demás.

2. Localizar y utilizar fuentes fiables, identificando, seleccionando y organizando la información, evaluándola críticamente y contrastando su veracidad, para resolver preguntas planteadas de forma autónoma y crear contenidos relacionados con las ciencias biológicas.
 - 2.1. Plantear y resolver cuestiones y crear contenidos relacionados con los saberes de la materia, localizando y citando fuentes de forma adecuada; seleccionando, organizando y analizando críticamente la información.
 - 2.2. Contrastar y justificar la veracidad de información relacionada con la materia, utilizando fuentes fiables, aportando datos y adoptando una actitud crítica y escéptica hacia informaciones sin una base científica como pseudociencias, teorías conspiratorias, creencias infundadas, bulos, *etc.*

3. Analizar trabajos de investigación o divulgación relacionados con las ciencias biológicas, comprobando con sentido crítico su veracidad o si han seguido los pasos de los métodos científicos, para evaluar la fiabilidad de sus conclusiones.
 - 3.1. Evaluar la fiabilidad de las conclusiones de un trabajo de investigación o divulgación científica relacionado con los saberes de la materia de acuerdo a la interpretación de los resultados obtenidos.

- 3.2. Argumentar, utilizando ejemplos concretos, sobre la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella, destacando el papel de la mujer y entendiendo la investigación como una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución influida por el contexto político y social y por los recursos económicos.
4. Plantear y resolver problemas, buscando y utilizando las estrategias adecuadas, analizando críticamente las soluciones y reformulando el procedimiento si fuera necesario, para explicar fenómenos relacionados con las ciencias biológicas.
 - 4.1. Explicar fenómenos biológicos, a través del planteamiento y resolución de problemas, buscando y utilizando las estrategias y los recursos adecuados.
 - 4.2. Analizar críticamente la solución a un problema utilizando los saberes de la materia de Biología y reformular los procedimientos utilizados o las conclusiones si dicha solución no fuese viable o ante nuevos datos aportados o encontrados con posterioridad.
5. Analizar críticamente determinadas acciones relacionadas con la sostenibilidad y la salud, basándose en los fundamentos de la biología molecular, para argumentar acerca de la importancia de adoptar estilos de vida sostenibles y saludables.
 - 5.1. Argumentar sobre la importancia de adoptar estilos de vida saludables y compatibles con el desarrollo sostenible, basándose en los principios de la biología molecular y relacionándolos con los procesos macroscópicos.
6. Analizar la función de las principales biomoléculas, bioelementos y sus estructuras e interacciones bioquímicas, argumentando sobre su importancia en los organismos vivos para explicar las características macroscópicas de estos a partir de las moleculares.
 - 6.1. Explicar las características y procesos vitales de los seres vivos mediante el análisis de sus biomoléculas, de las interacciones bioquímicas entre ellas y de sus reacciones metabólicas.
 - 6.2. Aplicar metodologías analíticas en el laboratorio utilizando los materiales adecuados con precisión.

4.3. Contribución a los objetivos de etapa

La enseñanza de la biotecnología contribuye a la consecución de numerosos objetivos de etapa tanto en primero como en segundo de bachillerato. A continuación se justifican los objetivos de etapa correspondientes, tal y como aparecen en el texto de la Ley Orgánica 3/2020, del 29 de diciembre.

- “Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución española, así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.”

Ya se ha comentado en los anteriores epígrafes, que la actualidad y la importancia de los avances biotecnológicos hacen que estos se sitúen en el centro de debates mediáticos y que las propuestas políticas tengan que posicionarse al respecto. Por eso es necesario tener conocimientos en el campo de la biotecnología, o la capacidad de adquirirlos, y saber realizar un análisis crítico a la hora de posicionarse a uno u otro lado en torno a estos debates. Esto es una competencia esencial a la hora de ejercer la ciudadanía democrática y responsable.

- “Consolidar una madurez personal, afectivo-sexual y social que les permita actuar de forma respetuosa, responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever, detectar y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales, así como las posibles situaciones de violencia.”

El trabajo en equipo y la generación de debates a nivel del aula permitirán al alumnado desarrollar la capacidad de comunicarse asertivamente, haciendo valer su opinión y respetando la de los demás. Las situaciones de aprendizaje propuestas les van a permitir entrenar la capacidad de resolver conflictos de una manera pacífica y respetuosa.

- “Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.”

Existen numerosos estudios que apuntan a que el uso de metodologías activas de aprendizaje favorece el aumento de la motivación, tanto intrínseca como extrínseca, del alumnado. El hecho de generar en el o la estudiante las “ganas de aprender” propiamente dichas propiciará el

asentamiento del hábito de estudio y las bases para que la persona adulta pueda realizar procesos de autoaprendizaje.

- “Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras.”

La lectura de artículos actuales, científicos o de divulgación, que se encuentran en su gran mayoría en inglés permitirá al alumnado desarrollar la competencia plurilingüe mientras estudian o investigan temas relacionados con la biotecnología.

- “Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.”

Se plantean actividades que tienen entre sus objetivos el aprendizaje en la búsqueda de información fiable y veraz, haciendo que los estudiantes aprendan a distinguir, mediante un razonamiento científico, las fuentes de información rigurosas.

- “Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.”

Dado que la biotecnología es una ciencia que ha sido a la vez causa y consecuencia del desarrollo de la sociedad actual, acercarse a conocer la evolución de la misma permitirá a los estudiantes la consecución de este objetivo. Asimismo, conocer las aplicaciones de la biorremediación y de la economía circular aplicada a la industria actual les proporcionará herramientas para desarrollar una sociedad más sostenible en el futuro.

- “Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.”

El trabajo en el laboratorio y las actividades de investigación bibliográfica permitirán al alumnado adquirir las habilidades necesarias para desarrollar una carrera en el campo de las ciencias experimentales.

- “Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la

tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.”

Tanto el trabajo de laboratorio como el análisis de artículos científicos en las actividades basadas en debates van a contribuir a la comprensión del método científico. Además, en la situación de aprendizaje basada en problemas se va a desarrollar la sensibilidad y respeto hacia el medio ambiente a la vez que se plantea la utilización de la ciencia con el fin de protegerlo.

- “Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.”

La utilización de metodologías activas va a contribuir al desarrollo de este objetivo dentro de las clases de Biología.

- “Fomentar una actitud responsable y comprometida en la lucha contra el cambio climático y en la defensa del desarrollo sostenible.”

La comprensión de los ciclos biogeoquímicos, de las consecuencias de la contaminación y otros procesos asociados van a contribuir a la consecución de este objetivo, planteando soluciones con una perspectiva científica.

5. Encuesta

Se ha llevado a cabo una encuesta para evaluar los conocimientos e ideas previas del alumnado en torno a la biotecnología. Dicha encuesta está basada en otra que se realizó en 2014 para un trabajo final de máster de Sofía Serrano tutorizado por el mismo departamento que el presente trabajo, concretamente por el doctor Francisco Javier Arias. El trabajo de Sofía Serrano de 2014 tiene el mismo título que este trabajo, y por los 9 años transcurridos entre ambos documentos hemos considerado relevante comparar los datos del alumnado recogidos mediante encuestas.

5.1. Metodología

Para poder realizar dicha comparación se ha hecho la misma encuesta que la que puede encontrarse en el trabajo de Sofía Serrano, aunque en la presente se han añadido varias preguntas. En el Anexo I se encuentra la encuesta completa realizada para este trabajo.

La principal diferencia ha sido el método de difusión, que en 2014 se hizo de manera presencial en el aula y se pudieron comparar grupos de diferentes edades e itinerarios. En este caso, debido a la falta de tiempo de mi tutora durante el *Practicum* y a que solo tuve contacto con un grupo de bachillerato, se decidió difundir la encuesta de manera virtual. Esta modalidad de difusión ha causado que la muestra no sea homogénea en cuestión de edades e itinerarios, como en la realizada por Sofía Serrano que contaba con una clase de cada modalidad. Al analizar los datos obtenidos hemos comprobado que el 85.5% de las respuestas (47 respecto a un total de 55) corresponden a estudiantes de primero y segundo de bachillerato del itinerario de Ciencia y Tecnología. De esas 47 respuestas 15 (el 32%) corresponden a alumnado de primero de bachillerato y 32, el 68%, a alumnado de segundo de bachillerato. El resto de respuestas son de segundo de bachillerato de Humanidades y Ciencias Sociales (2), cuarto de la ESO (5) y tercero de la ESO (1). Ver figuras 1 y 2.

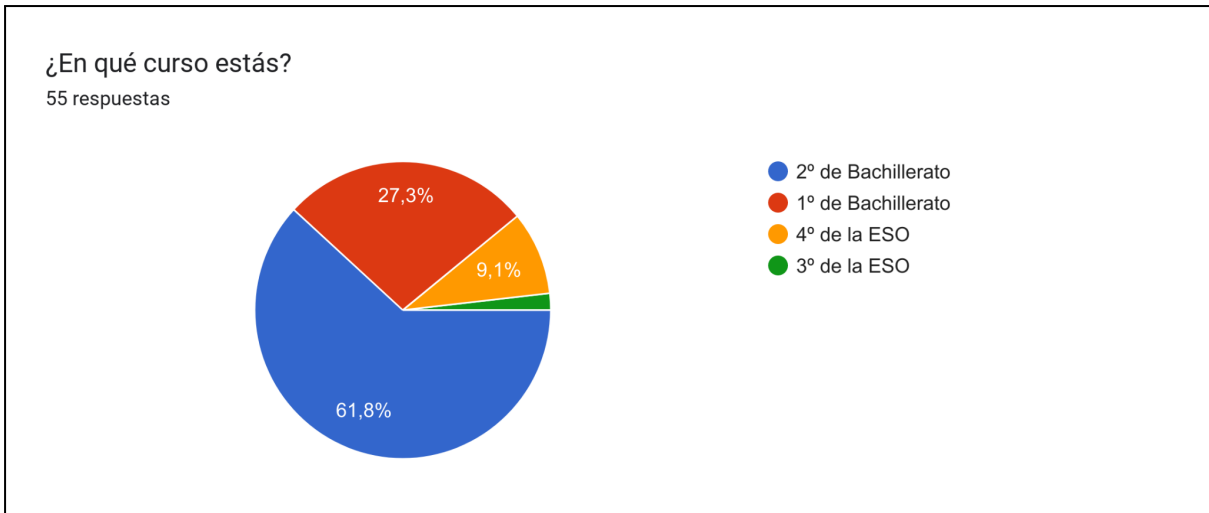


Figura 1. Distribución por edades de los resultados de la encuesta. 2º de bachillerato (61,8%) 1º de bachillerato (27,3%) 4º de la ESO (9,1%) y 3º de la ESO (1,8%)

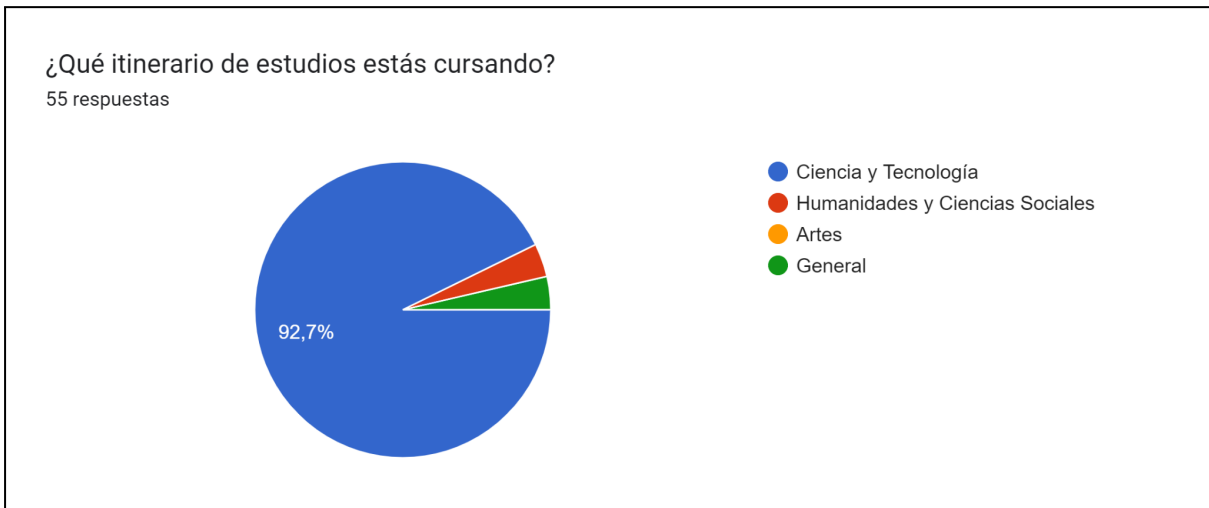


Figura 2. Distribución por itinerarios de los resultados de la encuesta

Uno de los puntos positivos de haber difundido la encuesta de manera virtual es que se han obtenido datos de diferentes centros de la ciudad (Valladolid) e incluso de otros lugares del país, tal y como puede observarse en la tabla 1. Aunque a efectos comparativos no nos sirve por la falta de homogeneidad en la cantidad de respuestas obtenidas de cada ciudad, aporta diversidad a los resultados de la encuesta.

Tabla 1. Distribución geográfica de los datos de la encuesta.

Ciudad	Centro	Nº de respuestas	Porcentaje (%)
Valladolid	IES Nuñez de Arce	36	65,45
Valladolid	IES Jimenez Lozano	2	3,63

Tordesillas	IES Alejandría	1	1,81
Salamanca	IES Martínez Uribarri	1	1,81
Salamanca	IES Lucía de Medrano	2	3,63
Salamanca	IES Fray Luis de León	2	3,63
Salamanca	IES Torres Villaroel	1	1,81
Salamanca	Colegio Los Salesianos	3	5,45
Bilbao	Cooperativa Basauri	2	3,63
Málaga	IES Mediterráneo	5	9,09

Esta situación provoca que podamos comparar las encuestas únicamente para el alumnado que cursa el itinerario de Ciencia y Tecnología en bachillerato. De manera que se han filtrado los datos y a continuación presentamos un análisis de las respuestas obtenidas del alumnado que está cursando el bachillerato por el itinerario de Ciencia y Tecnología (47 respuestas)

5.2. Análisis de los resultados

Quitando las preguntas sobre datos académicos y demográficos, la primera pregunta del cuestionario como tal es la siguiente: *“¿En algún momento has recibido información relacionada con la biotecnología por parte de tus profesores?”* En el caso de 2014, únicamente 2 personas marcaron “no” en esta respuesta. En la encuesta actual, realizada en el año 2023 salta a la vista un aumento sustancial de la respuesta negativa, alcanzando el 40% en 2º de bachillerato y el 33% en 1º de bachillerato. (Ver en figuras 3 y 4)

Teniendo en cuenta que se trata de alumnado del itinerario de Ciencia y Tecnología y que la mayoría de los que están en 2º de bachillerato están cursando la asignatura de Biología cabe pensar que estos resultados se deben a un error conceptual a la hora de explicar los contenidos que se relacionan con la biotecnología sin mencionar la palabra biotecnología. Esta contestación pone de manifiesto la brecha formativa en una rama de la ciencia que está siendo muy influyente en sus vidas.

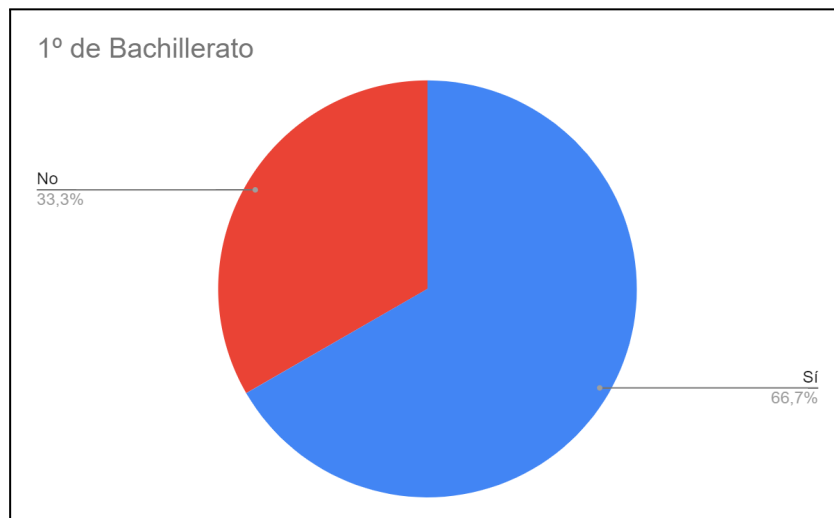


Figura 3. Distribución de las respuestas de 1º de Bachillerato a la pregunta *¿En algún momento has recibido información relacionada con la biotecnología por parte de tus profesores?*

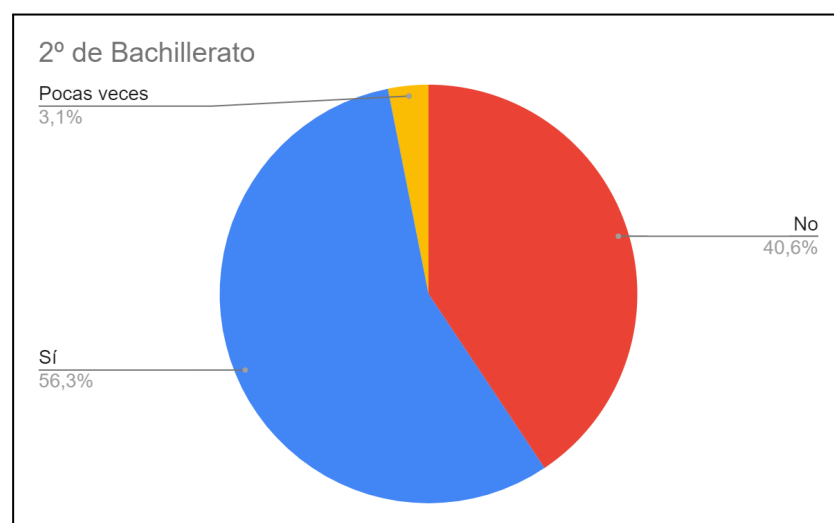


Figura 4. Distribución de las respuestas de 2º de Bachillerato a la pregunta *¿En algún momento has recibido información relacionada con la biotecnología por parte de tus profesores?*

Segunda pregunta, *“Cuando oyes hablar de biotecnología, ¿cuál de las siguientes opciones relacionadas con la biotecnología consideras más importante?”* que tiene como objetivo ver qué conceptos relaciona el alumnado con la palabra biotecnología. (Ver figuras 5 y 6) Es evidente que el alumnado tiene muy integradas las aplicaciones biotecnológicas en el campo de la medicina y farmacia, pero a nivel general desconoce los aspectos relacionados a la

biorremediación, conservación del medio ambiente o alimentación. En esta cuestión los datos concuerdan con los obtenidos por Sofía Serrano en 2014.

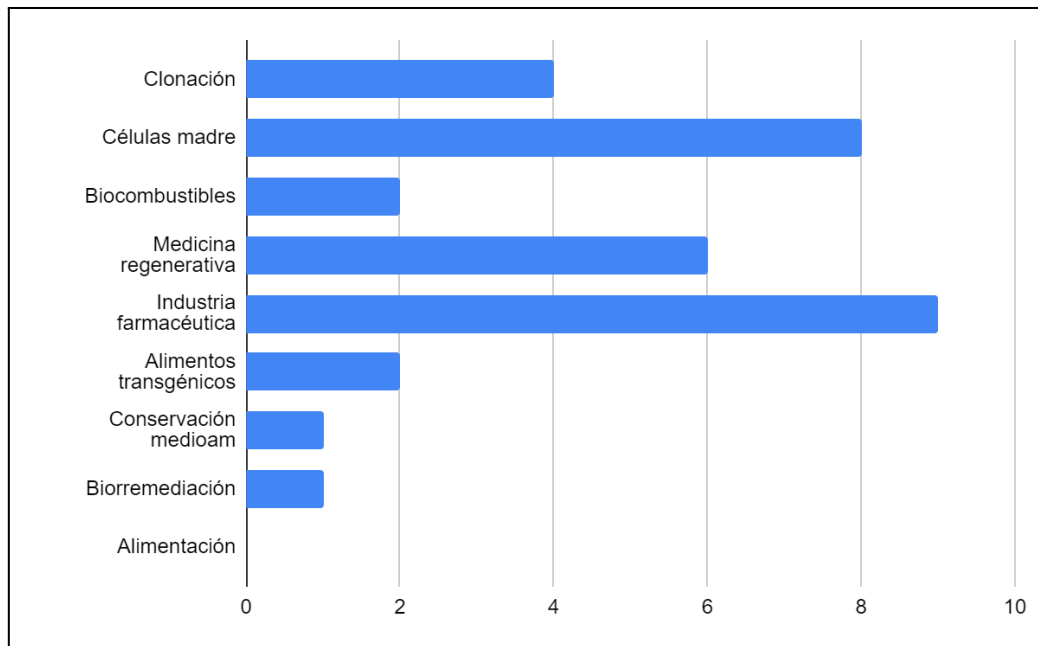


Figura 5. Distribución de las respuestas de 1º de Bachillerato a la pregunta *“Cuando oyes hablar de biotecnología, ¿cuál de las siguientes opciones relacionadas con la biotecnología consideras más importante?”*

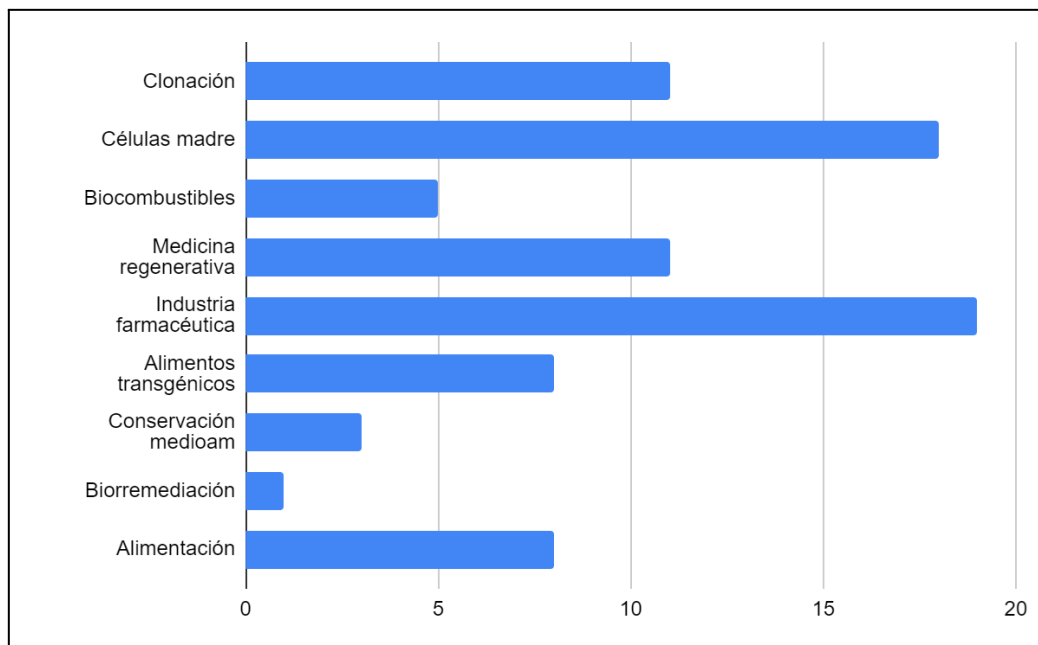


Figura 6. Distribución de las respuestas de 2º de Bachillerato a la pregunta *“Cuando oyes hablar de biotecnología, ¿cuál de las siguientes opciones relacionadas con la biotecnología consideras más importante?”*

La tercera pregunta es la siguiente: “¿Conoces alguna aplicación de la Biotecnología tradicional? ¿Cuál?” Atendiendo a los resultados es evidente que el alumnado no tiene claro el concepto “biotecnología tradicional”. Tanto en primero como en segundo de Bachillerato, menos del 15% de los y las encuestadas atribuye este concepto a la fabricación tradicional de alimentos fermentados. La mayoría contesta negativamente a la pregunta, aunque los resultados son significativamente mejores entre el alumnado de 2º de bachillerato. (Ver figuras 7 y 8)

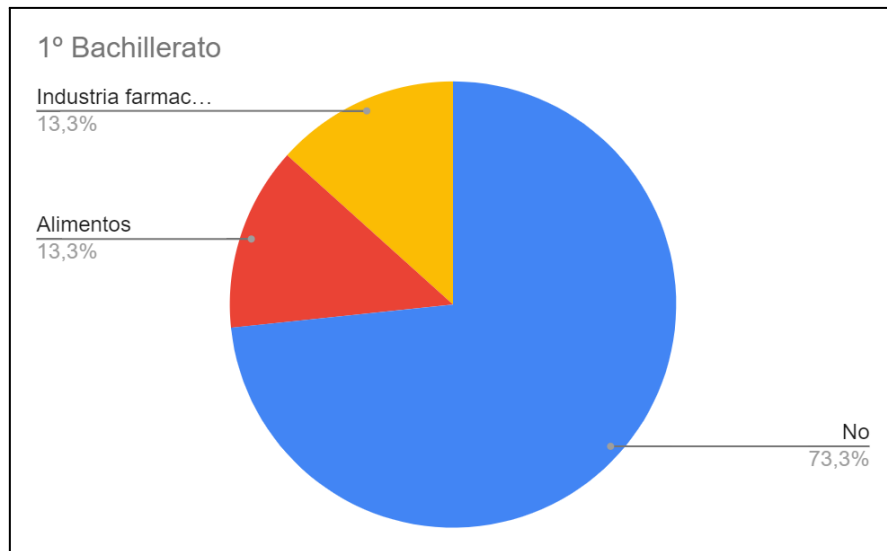


Figura 7. Distribución de las respuestas de 1º de Bachillerato a la pregunta “¿Conoces alguna aplicación de la Biotecnología tradicional? ¿Cuál?”

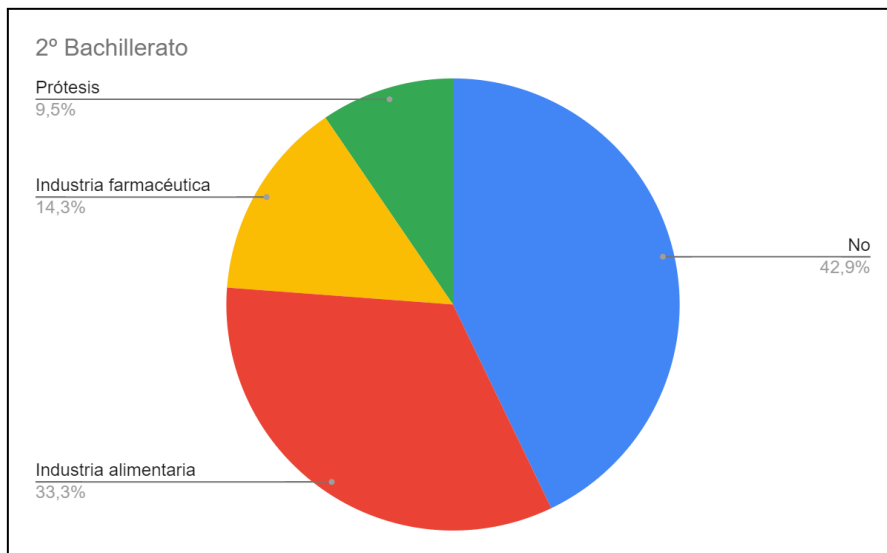


Figura 8. Distribución de las respuestas de 2º de Bachillerato a la pregunta “¿Conoces alguna aplicación de la Biotecnología tradicional? ¿Cuál?”

En cuanto a la comparación de los datos con los obtenidos en 2014, el trabajo de Sofía Serrano no hace alusión a los datos cuantitativos en esta pregunta. Aun así es evidente que el alumnado

tenía un conocimiento mayor en tanto en cuanto son capaces de nombrar un mayor número de aplicaciones de la biotecnología que las obtenidas en la encuesta de este año.

La cuarta pregunta es “¿Qué importancia tiene la Biotecnología en la sociedad actual?” y las respuestas se distribuyen en una escala de valoración del 1 al 4 en la que 1 es “poco importante” y 4 es “muy importante”. En ambos casos más del 90% de los encuestados dan la respuesta “muy importante” o “bastante importante” por lo que se puede decir que dan un grado alto de importancia a la biotecnología para la sociedad. Estos resultados van en concordancia con los obtenidos en 2014 por Sofía Serrano. Ver figuras 9 y 10.

En la quinta pregunta se ha pedido justificar la respuesta a la pregunta anterior. Esto es un añadido que se ha realizado a la encuesta elaborada por Sofía Serrano en 2014. La pregunta se ha realizado de manera abierta, por lo que las respuestas son muy diversas. Sin embargo, realizando un análisis de todas ellas salta a la vista que en un número mayoritario se mencionan las palabras “avance”, “mejora” o “ayuda” para la sociedad o para la humanidad. Aunque los estudiantes no tengan muchos conocimientos sobre el tema, sí son conscientes de la importancia social que tiene esta ciencia.

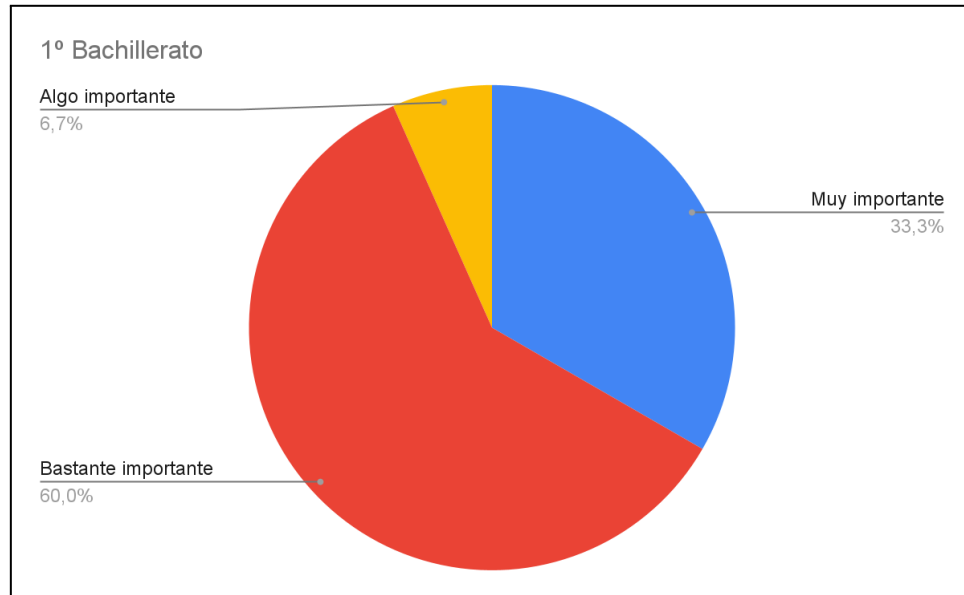


Figura 9. Distribución de las respuestas de 1º de Bachillerato a la pregunta “¿Qué importancia tiene la Biotecnología en la sociedad actual?”

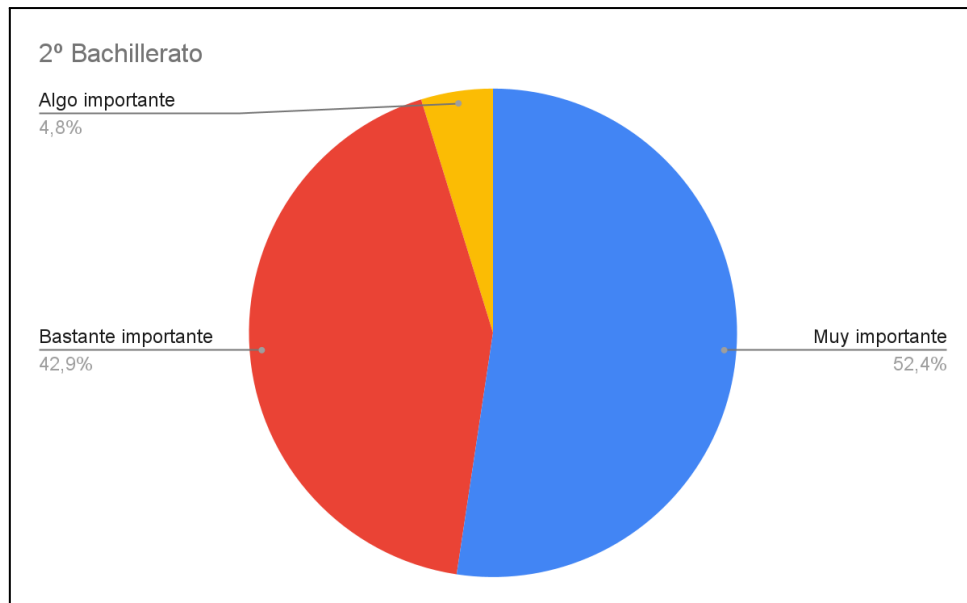


Figura 10. Distribución de las respuestas de 2º de Bachillerato a la pregunta “¿Qué importancia tiene la Biotecnología en la sociedad actual?”

En la pregunta número seis, “¿Te gustaría tener más conocimientos sobre Biotecnología?” se formuló también de manera abierta y más del 95% de las respuestas en ambos cursos de bachillerato son afirmativas. Esto concuerda con los resultados que podemos ir vislumbrando hasta este momento, que el alumnado considera la biotecnología como una serie de herramientas de cierta importancia para el desarrollo de la sociedad tal y como la conocemos y a la vez que consideran que su conocimiento sobre el tema es escaso. En este caso los resultados concuerdan con los obtenidos en 2014 por Sofía Serrano.

Para la séptima pregunta, “Indica algunas aplicaciones relacionadas con la Biotecnología que tengan trascendencia en tu vida diaria” la respuesta también era abierta y las aplicaciones más mencionadas en 2º de bachillerato se relacionan con el ámbito de la alimentación, incluyendo aquí tanto las aplicaciones tradicionales como el uso de transgénicos o el desarrollo de variedades híbridas, seguidas de cerca por las relacionadas con la salud y las vacunas. En cambio en 1º de bachillerato las respuestas mayoritarias son las que tienen que ver con la salud, incluyendo en éstas la palabra “vacunas” de manera muy habitual. De nuevo es destacable que en la encuesta realizada en 2014 el alumnado nombraba un mayor número de aplicaciones, como la conservación del medio ambiente o la depuración de aguas residuales. En este caso solamente una persona de 1º de bachillerato mencionó el desarrollo de plástico biodegradable y otra de 2º de bachillerato la obtención de nuevas fuentes de energía. Es evidente que la reciente pandemia causada por el virus COVID19 ha calado en la sociedad haciendo muy visibles los avances en el campo de la medicina, las vacunas, e incluso una respuesta mencionaba las PCRs.

En cuanto a la octava pregunta, *“Si has estudiado antes algo sobre Biotecnología, ¿crees que los temas que has visto son actuales?”* cuyo objetivo es “poner de manifiesto si el alumnado es capaz de relacionar los temas que ha visto en clase con la información sobre los avances en Biotecnología que se da en los medios de comunicación” (Sofía Serrano, 2014) la mayoría de las respuestas es afirmativa, siendo esta respuesta ligeramente mayor en 2º de bachillerato (72%) que en 1º de bachillerato (66,7%). A pesar de ser la respuesta mayoritaria, el porcentaje es menor que los obtenidos en la encuesta de 2014, que oscilaban entre el 80 y el 90% dependiendo del itinerario encuestado. Es posible que se haya producido una desconexión de las aulas de un tema de tantísima actualidad como ha sido la pandemia producida por el COVID19. Serían necesarios más datos para poder afirmar esta hipótesis, aunque es de menester mencionar la precaria situación de la educación durante la época en la que hubo restricciones debido a la situación de pandemia.

Con la novena pregunta, *“¿Conoces los problemas éticos relacionados con algún ámbito de la biotecnología como la clonación humana, el uso de alimentos transgénicos o las células madre? En caso afirmativo, indica qué problemas conoces.”* se pretendía averiguar el grado de conocimiento del alumnado de las implicaciones éticas que tienen algunas aplicaciones biotecnológicas (Sofía Serrano, 2014). Dentro de las respuestas afirmativas se repiten los mismos tópicos que en los resultados obtenidos en 2014, como es la clonación humana, la investigación con células madre, los “bebés a la carta”, el peligro de consumir organismos genéticamente modificados y como novedad en la reciente encuesta el peligro que estos organismos pueden producir en el medioambiente.

La noción de cuáles son los problemas éticos no ha cambiado a lo largo de estos años, lo alarmante de los resultados es la disminución de respuestas afirmativas respecto a la encuesta anterior. Solamente el 50% del alumnado de 2º de bachillerato y el 46,7% de 1º de bachillerato respondió afirmativamente a esta pregunta, frente al 80-90% de respuestas afirmativas que se recogieron en 2014 para los itinerarios de Ciencia y Tecnología.

La décima pregunta es *“¿En qué otras asignaturas podrían tratarse temas relacionados con la Biotecnología?”* formulada según Sofía Serrano (2014) con el objetivo de ser relacionada con la pregunta anterior y comprobar si el alumnado es capaz de relacionar los problemas éticos y morales con asignaturas como Valores Éticos, Filosofía o Religión. En este caso los resultados de ambas encuestas vuelven a coincidir y un número muy reducido de alumnos mencionan en esta pregunta la asignatura de valores éticos. La gran mayoría de respuestas son de asignaturas del ámbito científico-tecnológico.

Con el objetivo de averiguar cuáles son las fuentes de información habituales para el alumnado, más allá de las proporcionadas en el centro de estudios, se han formulado dos preguntas añadidas a la encuesta original. La primera pregunta es la siguiente: *“Señala todas las fuentes que utilizas para informarte sobre temas relacionados con la biotecnología”* y se les proporcionaba una lista de elementos (ver figuras 11 y 12) en la que podían marcar tantos como quisieran. La mayoría de los y las encuestadas no buscan información fuera de las propias clases de Biología del instituto. Los y las que sí presentan ese interés, consumen contenido principalmente de Wikipedia y redes sociales como TikTok, Youtube o Instagram. Muy pocos marcaron las opciones de periódicos o revistas, por lo que podemos concluir que el contenido divulgativo que puede llegar a los jóvenes debe encontrarse en estas redes sociales.

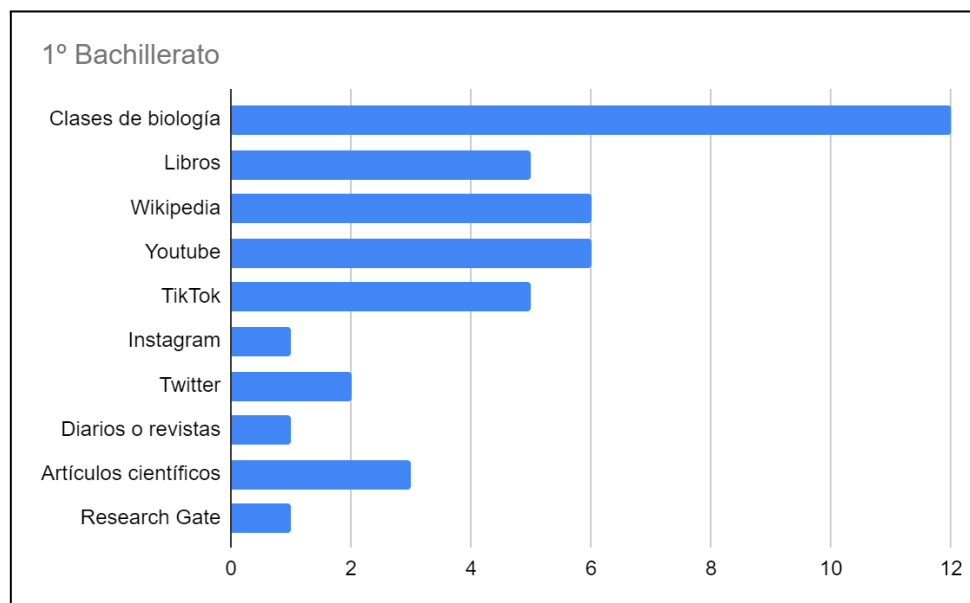


Figura 11. Distribución de las respuestas de 1º de Bachillerato a la pregunta *“Señala todas las fuentes que utilizas para informarte sobre temas relacionados con la biotecnología”*

La segunda pregunta añadida en la encuesta del presente trabajo también tiene que ver con las fuentes de información, en concreto con las personas que se dedican a la divulgación en redes sociales. Esta pregunta era de respuesta abierta y dice así: *“¿Conoces y/o sigues algún divulgador o divulgadora que hable sobre temas de biotecnología? Si es así, escribe su nombre y la plataforma en la que se encuentra su contenido.”* Casi el 100% de las respuestas ha sido negativa, únicamente una persona ha mencionado a una conocida “youtuber” que se dedica a la divulgación de biología molecular, entre otros temas, conocida como “La Hiperactina”. Los y las jóvenes de hoy en día pasan muchas horas consumiendo contenido audiovisual en diferentes redes sociales. Como docentes, es importante que seamos capaces de proporcionar al alumnado referentes, en materia de divulgación, de nuestras respectivas asignaturas.

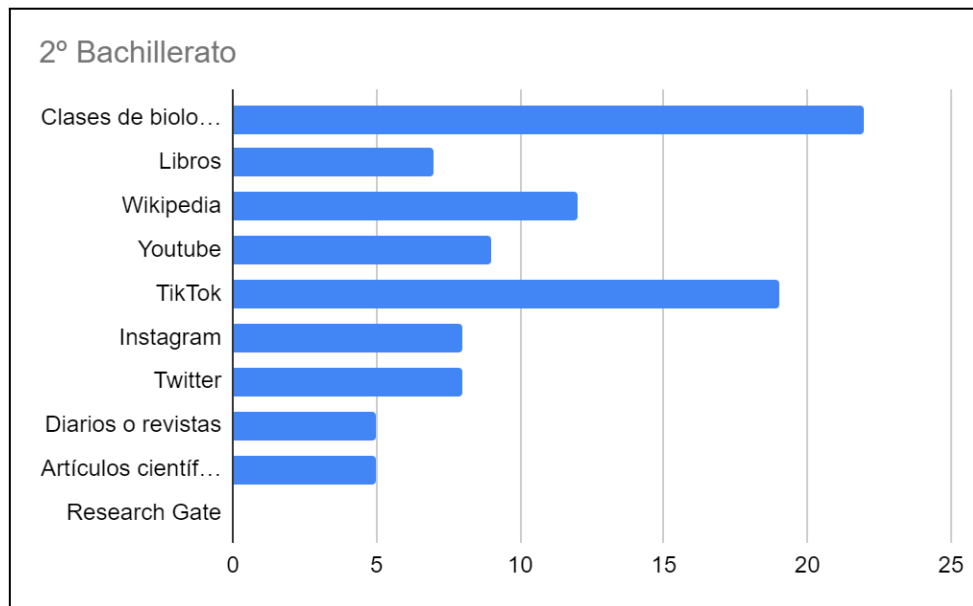


Figura 12. Distribución de las respuestas de 2º de Bachillerato a la pregunta “Señala todas las fuentes que utilizas para informarte sobre temas relacionados con la biotecnología”

5.3. Conclusiones de la encuesta

Las conclusiones que podemos extraer respecto a los resultados obtenidos en la encuesta realizada este mismo año son las siguientes:

1. Los alumnos y alumnas consideran que su conocimiento sobre biotecnología es escaso
2. El alumnado desea saber más sobre biotecnología
3. Consideran que la biotecnología es importante para el desarrollo y avance de la sociedad
4. Las aplicaciones en el área de salud son las más conocidas y mencionadas, seguidas por el ámbito de la alimentación (englobando biotecnología tradicional y organismos transgénicos)
5. La reciente pandemia ha puesto en valor los avances en medicina y la investigación sobre nuevas vacunas
6. En caso de consumir contenido de divulgación científica, lo hacen a través de redes sociales

La principal diferencia entre esta encuesta y la que realizó Sofía Serrano en 2014, es que el alumnado era capaz de mencionar un mayor número de aplicaciones relacionadas con la

biotecnología. Esta situación podría tener relación directa con el hecho de que haya desaparecido la asignatura de “Ciencias para el mundo contemporáneo” que se cursaba en 4º de la ESO cuando se realizó la encuesta de 2014. En el currículo actual no se trata la biotecnología hasta el segundo curso del bachillerato, lo que compone una explicación de peso para explicar estas diferencias en los resultados de las dos encuestas. Otra causa puede estar relacionada con que las enseñanzas durante la etapa del bachillerato se centran en los “estándares de aprendizaje” evaluables en la prueba de selectividad, dejando de lado o totalmente fuera otros contenidos relevantes de las asignaturas. Es por esto que en el presente trabajo se proponen varias situaciones de aprendizaje para primero de bachillerato que enlazan el currículo de la asignatura “Biología, Geología y Ciencias Ambientales” con varios conceptos del ámbito de la biotecnología.

6. Situaciones de Aprendizaje

Dado que el alumnado presenta el deseo de obtener más conocimientos sobre biotecnología, en este epígrafe se presentan varias situaciones de aprendizaje orientadas a la enseñanza de la biotecnología tanto en primero como en segundo de bachillerato. El objetivo es presentar una serie de recursos para que el profesorado disponga de ellos de la manera más conveniente para cada caso. Se incluye en cada caso una propuesta de evaluación por competencias, junto con la evaluación de los saberes básicos, basada en lo establecido por la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, también conocida como “LOMLOE, Ley Orgánica que modifica la LOE”

6.1. Biotecnología alimentaria: Proyecto de Fermentaciones

6.1.1. Identificación

“PRODUCIMOS ALIMENTOS MEDIANTE FERMENTACIÓN”

Curso: 1º de Bachillerato

Asignatura: Biología, Geología y Ciencias Ambientales

Temporalización: 1 mes. La asignatura “Biología, Geología y Ciencias Ambientales” tiene 4 horas semanales, por lo que serán un total de 16 sesiones contando los desdobles, es decir que cada grupo tendrá 8 sesiones de trabajo en el laboratorio.

6.1.2. Justificación

En el marco del bloque curricular del Proyecto Científico es importante que el alumnado aprenda a manejarse en el ambiente de un laboratorio. Desde la normativa de seguridad, pasando por el reconocimiento de los diferentes materiales hasta los procesos de recogida, representación e interpretación de datos experimentales son competencias cruciales para su desarrollo futuro en el ámbito científico. Por otro lado está la importancia en la biotecnología tradicional de los procesos de fermentación para la conservación de alimentos o producción de bebidas por lo que es interesante que conozcan de primera mano la fundamentación teórica de estos procedimientos que actualmente se encuentran industrializados.

6.1.3. Descripción

Se van a realizar cuatro fermentaciones diferentes. Para cada una de ellas el alumnado recibirá previamente la fundamentación teórica del proceso, es decir del metabolismo asociado a cada fermentación. Una vez comprendida la ruta metabólica y los agentes responsables de la transformación de un producto en otro, los alumnos realizarán todo el proceso con ayuda de los protocolos proporcionados por el profesorado: inicio de la fermentación, seguimiento y análisis del producto final. Al finalizar el proyecto tendrán que entregar una memoria de prácticas dónde se recojan todos los datos recopilados y las conclusiones finales.

6.1.4. Concreción curricular

A continuación, en la tabla 2 se encuentran detallados los saberes básicos y objetivos referentes a esta situación de aprendizaje, así como las competencias específicas y sus indicadores de logro y descriptores operativos correspondientes.

Tabla 2. Concreción curricular de la situación de aprendizaje *“Producimos alimentos mediante fermentación”*

SABERES BÁSICOS	
Bloque A. Proyecto Científico	<ul style="list-style-type: none">● Planteamiento con perspectiva científica● Estrategias para la búsqueda de información● Métodos de análisis de resultados científicos● Estrategias de comunicación científica
Bloque G. Los microorganismos y formas acelulares	<ul style="list-style-type: none">● Técnicas de esterilización y cultivo● Diferencias entre bacterias y levaduras● Fermentación alcohólica● Fermentación acética● Fermentación láctica
OBJETIVOS	
<ul style="list-style-type: none">● Aprender las normas de seguridad y manejo del laboratorio● Afianzar conocimientos sobre metabolismos fermentativos● Utilizar el microscopio óptico● Recogida y representación de datos experimentales● Interpretación y discusión de datos experimentales● Realizar procesos reales que pertenecen al ámbito de la industria alimentaria y que son realizados por diferentes microorganismos● Aprender a gestionar los tiempos y a organizar el trabajo dentro de un laboratorio	

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS		
1. Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre estos con precisión y utilizando diferentes formatos para analizar procesos, métodos, experimentos o resultados de las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales.		
2. Localizar y utilizar fuentes fiables, identificando, seleccionando y organizando información, evaluándola críticamente y contrastando su veracidad, para resolver preguntas planteadas relacionadas con las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales de forma autónoma.		
3. Diseñar, planear y desarrollar proyectos de investigación siguiendo los pasos de las metodologías científicas, teniendo en cuenta los recursos disponibles de forma realista y buscando vías de colaboración, para indagar en aspectos relacionados con las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales.		
DESCRIPTORES OPERATIVOS	CRITERIOS EVALUACIÓN	INDICADORES DE LOGRO
CCL1, CCL2, CP1, STEM4, CPSAA4, CCEC3.2.	1.2	1.2.1. Se expresa de forma clara y razonada
		1.2.2. Utiliza el formato adecuado para representar los resultados
	1.3	1.3.1. Argumenta sus opiniones de forma razonada
		1.3.2. Argumenta sus conclusiones de forma razonada
		1.3.3. Tiene una actitud abierta y respetuosa ante la opinión de los demás
	CCL3, CP1, STEM4, CD1, CD2, CD4, CPSAA4, CPSAA5	2.2
2.2.1. Las fuentes utilizadas son fiables y veraces		
CCL5, STEM1, STEM2, STEM3, CD1, CD2, CPSAA3.2, CE3	3.2	3.2.1. Selecciona un momento adecuado para poder realizar las tres prácticas
	3.3	3.3.1. Utiliza los instrumentos y técnicas adecuadas para cada medición
		3.3.2. Sabe utilizar el microscopio óptico, enfoca correctamente las distintas muestras
		3.3.3. Administra el tiempo en el laboratorio de manera satisfactoria
	3.4	3.4.1. Analiza e interpreta los resultados obtenidos de forma correcta y utilizando las herramientas adecuadas

6.1.5. Metodología

Esta situación de aprendizaje se basa en una metodología activa de aprendizaje por proyectos con modalidad de aprendizaje cooperativo. Esto quiere decir que los grupos de trabajo deberán cooperar para la consecución de un objetivo (la realización de las 4 actividades y la memoria de prácticas) y que serán evaluados por separado (mediante el diario de observaciones del profesor o profesora y la memoria de prácticas que tendrán que entregar de manera individual)

Los grupos dispondrán de los cuatro protocolos de prácticas, del material y toda la información necesaria para llevarlos a buen término. Al mismo tiempo tendrán que organizarse de manera autónoma para llevarlos a cabo, disponiendo del tiempo de 8 sesiones para realizar todas las tareas que componen las cuatro actividades.

Por otra parte, es importante recalcar que las prácticas de laboratorio son fundamentales para la enseñanza de la biotecnología, ya que permiten a los estudiantes aplicar los conceptos teóricos que han aprendido en clase en un entorno práctico y realista. Esto les ayuda a comprender mejor los conceptos y a ver cómo se aplican en la vida real. Además, les ayudan a desarrollar habilidades técnicas, como el manejo de equipos y materiales, la realización de experimentos y la interpretación de resultados. También se fomentará el trabajo en equipo y la colaboración entre los estudiantes. Y por último, todas estas habilidades son valiosas para el mundo laboral, especialmente en el campo de la biotecnología.

6.1.6. Secuenciación y desarrollo

Durante el mes de prácticas se realizarán 3 actividades o fermentaciones de manera simultánea. El grupo se divide en dos, de manera que cada subgrupo tendrá 8 sesiones de laboratorio y 8 sesiones de teoría en el aula de desdoble. Se prepararán diferentes fermentaciones y a continuación se realizará el seguimiento y monitoreo de las mismas.

El trabajo se desarrollará de manera cooperativa en grupos heterogéneos formados por el profesor o profesora responsable. El objetivo que han de alcanzar es llevar a buen término cada una de las fermentaciones y elaborar una memoria de prácticas respondiendo adecuadamente a las cuestiones planteadas. Debido a que la situación de aprendizaje planteada tiene un alto componente de trabajo autónomo se facilitará la tarea de elaboración de la memoria mediante un guión de prácticas muy completo que

tendrá espacios tanto para rellenar todos los datos que necesiten recoger como para elaborar las gráficas y contestar a las preguntas planteadas. En caso de no llegar a término en alguna de las fermentaciones se les pedirá que elaboren una discusión sobre cuáles han sido las causas de tal suceso.

6.1.6.1. Fermentación alcohólica: HIDROMIEL

Esta práctica consiste en la obtención de una bebida alcohólica a partir de agua, miel y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).

1. Inicio de la fermentación. El primer paso consiste en hidratar la levadura, que utilizaremos después para inocular el fermentador lleno con una mezcla de agua y miel. Finalmente se procederá a medir la densidad, el pH y la cantidad de levadura presente en el mosto. Al ser la primera vez que se realizan estos procedimientos el profesor o profesora dará las explicaciones pertinentes para que el alumnado pueda repetirlos de manera autónoma en la siguiente fase de la práctica.

MATERIALES:

- Garrafa de 5 litros con “airlock”
- Agua hervida o mineral
- 1 kg de miel
- Termómetro
- Levadura seca para vino blanco
- Densímetro
- Papel de pH
- Cámara de Neubauer o espectrofotómetro
- Microscopio óptico
- Pipetas Pasteur

TEMPORALIZACIÓN: Segunda sesión

2. Monitoreo de la fermentación. Durante las siguientes semanas el alumnado tendrá que recoger, en todas las sesiones, los respectivos datos de densidad, pH y cantidad de levaduras. Cuando se alcance densidad 1,000 o esta se estabilice se procederá a enfriar el producto para clarificarlo. El paso final de embotellado es opcional y si el tiempo lo permite.

Las cuestiones que se plantean en el apartado de la fermentación acética para la elaboración de la memoria de prácticas son las siguientes:

- Representa la curva de densidad, curva de pH y curva de crecimiento de levaduras a partir de los datos obtenidos durante el proceso
- Explica por qué sube la temperatura durante el proceso de fermentación
- Explica por qué la curva de levadura tiene esa forma “saturada”
- Investiga otros procesos con los que se pueda clarificar el producto final

6.1.6.2. Fermentación acética: VINAGRE DE VINO

Esta práctica se basa en el manual “Biotecnología y vida cotidiana: Vinos y vinagres” redactado por María Antonia Muñoz de Malajovich y editado en 2008 por el Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología (ArgenBio). Se compone de tres pasos:

1. ¿Cómo medimos la acidez del vinagre? En el primer paso el profesor enseñará el proceso de titulación del vinagre para calcular la cantidad de ácido acético. Este procedimiento lo tendrán que repetir varias veces de manera autónoma durante el proceso de producción del vinagre.

MATERIALES:

- Vinagre comercial
- Solución de fenolftaleína (1%)
- Solución de NaOH (0,66%)
- Vasos de plástico
- Jeringas de 1 ml
- Jeringas de 10 ml

TEMPORALIZACIÓN: Primera sesión

2. Inicio de la producción de vinagre. El segundo paso es producir vinagre fuerte y la gelatina que contiene el inóculo necesario para producir vinagre en cantidades mayores, denominada “madre del vinagre”. Una vez conseguida se observará al microscopio una muestra teñida mediante la tinción de Gram.

MATERIALES:

- 2 recipientes de plástico de 500 ml
- Papel film
- 4-6 uvas muy maduras

- 100 ml de vino tinto
- 100 ml de vino blanco
- 200 ml de vinagre comercial
- Material para titulación
- Material y protocolo para tinción Gram
- Microscopio

TEMPORALIZACIÓN: 2-3 semanas hasta la obtención de la “madre del vinagre”

3. La fermentación acética y la producción continua de vinagre. En la última semana del mes de prácticas utilizaremos la madre del vinagre, rica en bacterias del género *Acetobacter*, obtenida en la actividad previa para fermentar una cantidad de vino mayor. Se medirá semanalmente la cantidad de ácido acético presente en el fermentador. Cuando la cantidad de ácido acético se estabilice se realizarán los cálculos de rendimiento y productividad del proceso. Posteriormente se discutirán las diferencias entre los procesos de producción continuos y discontinuos.

MATERIALES:

- Caja de plástico
- Papel film
- Balsa de sustentación (mondadientes)
- Vinagre fuerte y vino en proporción 1:1

TEMPORALIZACIÓN: 1-2 semanas

Las cuestiones que se plantean en el apartado de la fermentación acética para la elaboración de la memoria de prácticas son las siguientes:

- Exposición de los resultados de las mediciones realizadas durante el proceso en los formatos que les correspondan
- Identificación de los microorganismos observados al microscopio (se valorará positivamente el aporte de fotografías)
- Explica por qué la madre del vinagre tiene ese aspecto y cómo se ha formado
- ¿Cómo podríamos mantener indefinidamente este cultivo de bacterias acéticas?
- Cálculo del rendimiento y productividad del proceso de producción del vinagre

- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de un proceso de producción continuo frente a uno discontinuo?

6.1.6.3. Fermentación láctica: YOGUR

Esta práctica es la más corta temporalmente de las tres que se plantean, por lo que será el propio alumnado el que decida en qué momento realizarla. El primer día realizarán el inóculo de la leche a 37°C, la primera medida de pH y colocarán los recipientes en el incubador o yogurtera. El segundo día comprobarán que el yogur está hecho y volverán a medir el pH. También realizarán la tinción de una muestra para observar en el microscopio.

MATERIALES:

- Un yogur
- 1 litro de leche
- Papel de pH
- Termómetro
- Incubador / yogurtera / fuente de calor
- Material y protocolo para tinción Gram
- Microscopio

Las cuestiones que se plantean en el apartado de la fermentación láctica para la elaboración de la memoria de prácticas son las siguientes:

- Explica por qué cambia la consistencia/textura de la leche.

6.1.7. Evaluación de las competencias

A continuación, en la tabla 3, se detallan los instrumentos y herramientas de evaluación que se utilizarán para evaluar los indicadores de logro correspondientes.

Las técnicas de heteroevaluación que se utilizarán para valorar el desempeño del alumnado en esta situación de aprendizaje son el análisis de documentos y la observación sistemática. Los instrumentos de evaluación que se deben utilizar son la memoria de prácticas y el diario de laboratorio del docente, respectivamente.

Tabla 3. Evaluación de la situación de aprendizaje *“Producimos alimentos mediante fermentación”*

EVALUACIÓN

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS
Análisis de documentos	Memoria de prácticas	Rúbrica
Observación sistemática	Diario de laboratorio del docente	Lista de control

El diario para la observación sistemática debe recoger los indicadores de logro que se han detallado previamente y están directamente relacionados con sus respectivas competencias específicas (ver tabla X). De esta manera podremos evaluar las tres competencias específicas que se abarcan en este proyecto o situación de aprendizaje, que están a su vez relacionadas con las competencias clave correspondientes mediante los descriptores operativos.

6.1.8. Evaluación de los saberes básicos

Por otro lado, es importante también evaluar la adquisición de conocimientos, los denominados “saberes básicos” que se trabajan en esta situación de aprendizaje. En la tabla 4, que se encuentra bajo estas líneas, se detallan los indicadores de logro correspondientes a los saberes básicos de cada uno de los dos bloques de conocimiento.

Tabla 4. Indicadores de logro de los saberes básicos de la situación de aprendizaje “*Producimos alimentos mediante fermentación*”

EVALUACIÓN DE LOS SABERES BÁSICOS	
BLOQUE DE CONOCIMIENTO	INDICADORES DE LOGRO
Bloque A. Proyecto Científico	<ul style="list-style-type: none"> ● Plantea los argumentos y conclusiones con perspectiva científica ● Es capaz de buscar información fiable y veraz ● Conoce los métodos de análisis de resultados científicos ● Expresa y comunica sus resultados y conclusiones de manera científica
Bloque G. Los microorganismos y formas acelulares	<ul style="list-style-type: none"> ● Ha completado las fermentaciones de manera óptima y sin sufrir contaminaciones ● Sabe diferenciar entre bacterias y levaduras ● Conoce los fundamentos de la fermentación alcohólica ● Conoce los fundamentos de la fermentación acética ● Conoce los fundamentos de la fermentación

	láctica
--	---------

Para evaluar dichos indicadores de logro se utilizará la heteroevaluación mediante análisis de documentos, en este caso la memoria de prácticas antes mencionada. Además, en el diario del docente para la observación sistemática debe haber un apartado de comentarios por si se diera la situación de que el docente sea capaz de percibir esta adquisición de conocimientos durante el transcurso de las prácticas en algunos alumnos o alumnas.

6.1.9. Criterios de evaluación

Bajo estos párrafos, en la tabla 5, se especifica el peso que tendrán ambas evaluaciones en la nota final que se otorgará a la situación de aprendizaje “Producimos alimentos mediante la fermentación”

En este caso le hemos dado un mayor peso a las competencias porque es trabajo casi exclusivamente de laboratorio, práctico, y es una ocasión excepcionalmente útil para valorar la adquisición competencial. Además, los conocimientos ligados al bloque G, “Los microorganismos y formas acelulares” se evaluarán de forma independiente a esta situación de aprendizaje, pues deben ser trabajados en clase de forma teórica para complementar a estas actividades.

Tabla 5. Criterios de evaluación de la situación de aprendizaje “Producimos alimentos mediante fermentación”

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
Competencias	60%
Saberes básicos	40%

6.1.10. Elementos transversales

La práctica de la valoración del ácido acético mediante titulación en la actividad de elaboración de vinagre de vino puede ser parte de la asignatura de Química.

6.2. Role playing: Debate sobre transgénicos

6.2.1. Identificación

“¿Son nocivos los organismos genéticamente modificados?”

Curso: 1º de Bachillerato

Asignatura: Biología, Geología y Ciencias Ambientales

Temporalización: 3-4 sesiones

6.2.2. Justificación

Esta situación de aprendizaje nos permite acercarnos al bloque de ecología y sostenibilidad a partir de cuestiones de interés común, ya sea porque son de actualidad mediática o porque son de interés directo para el alumnado. La temática ha sido elegida a raíz de las respuestas obtenidas en la encuesta, dónde se mencionaba de manera recurrente el tema de la alimentación.

Durante el desarrollo de esta serie de actividades se trabajarán los siguientes objetivos de desarrollo sostenible:

- ODS 2, Hambre Cero
- ODS 3, Salud y Bienestar
- ODS 13, Acción por el Clima
- ODS 15, Vida de ecosistemas terrestres

6.2.3. Descripción

Durante esta situación de aprendizaje el alumno o alumna se meterá en el papel de ser un divulgador o divulgadora de temas científicos al que llaman para acudir a un debate en televisión sobre el uso de organismos transgénicos en el ámbito de la agricultura, seguridad alimentaria y medioambiente.

Los alumnos y alumnas estarán divididos en dos grupos, a favor y en contra de los transgénicos, y tendrán que organizarse internamente para preparar todos los temas sobre los que versará el debate. Tendrán tiempo de trabajo en clase y en casa para realizar la preparación y en la última sesión se escenificará el debate y se resumirán las conclusiones consenso obtenidas.

6.2.4. Concreción curricular

A continuación, en la tabla 6 se encuentran detallados los saberes básicos y objetivos referentes a esta situación de aprendizaje, así como las competencias específicas y sus indicadores de logro y descriptores operativos correspondientes.

Tabla 6. Concreción curricular de la situación de aprendizaje “¿Son nocivos los organismos genéticamente modificados?”

SABERES BÁSICOS	
Bloque A. Proyecto científico	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes fiables de información: búsqueda, reconocimiento y utilización.
Bloque B. Ecología y sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • El medio ambiente como motor económico y social: importancia de la evaluación de impacto ambiental y de la gestión sostenible de recursos y residuos. • La relación entre la salud medioambiental, humana y de otros seres vivos: one health (una sola salud). • La dinámica de los ecosistemas: flujos de energía, ciclos de la materia (carbono, nitrógeno, fósforo y azufre), interdependencia y relaciones tróficas. Resolución de problemas. • La pérdida de biodiversidad: causas y consecuencias ambientales y sociales.
Bloque D. La dinámica y composición terrestres	<ul style="list-style-type: none"> • La edafogénesis: factores y procesos formadores del suelo. La edafodiversidad e importancia de su conservación.
OBJETIVOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Esclarecer el concepto de “Organismo modificado genéticamente” • Valorar la importancia de la conservación de los suelos • Valorar la importancia de la calidad del agua • Analizar las consecuencias de la pérdida de biodiversidad • Comprender la sensibilidad del equilibrio de un ecosistema • Mejorar las habilidades de argumentación y de hablar en público • Fomentar el espíritu crítico • Incentivar la participación activa durante el desarrollo de las clases tradicionales 	
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	

1. Interpretar y transmitir información y datos científicos, argumentando sobre estos con precisión y utilizando diferentes formatos para analizar procesos, métodos, experimentos o resultados de las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales.		
2. Localizar y utilizar fuentes fiables, identificando, seleccionando y organizando información, evaluándola críticamente y contrastando su veracidad, para resolver preguntas planteadas relacionadas con las ciencias biológicas, geológicas y medioambientales de forma autónoma.		
5. Diseñar, promover y ejecutar iniciativas relacionadas con la conservación del medioambiente, la sostenibilidad y la salud, basándose en los fundamentos de las ciencias biológicas, geológicas y ambientales, para fomentar estilos de vida sostenibles y saludables.		
DESCRIPTORES OPERATIVOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES DE LOGRO
CCL1, CCL2, CP1, STEM4, CPSAA4, CCEC3.2	1.1	1.1.1. Analiza críticamente los argumentos que plantean sus oponentes 1.1.2. Contesta a los argumentos que plantean sus oponentes
	1.2	1.2.1. Plantea los argumentos adecuados a su postura 1.2.2. Utiliza diferentes formatos para exponer datos que apoyan sus argumentos 1.2.3. Emplea un vocabulario adecuado y específico
	1.3	1.3.1. Argumenta sus intervenciones aportando evidencias científicas 1.3.2. Tiene una actitud abierta, flexible, receptiva y respetuosa ante la opinión de los demás
CCL3, CP1, STEM4, CD1, CD2, CD4, CPSAA4, CPSAA5	2.1	2.1.1. Selecciona y organiza la información 2.1.2. Cita las fuentes adecuadamente
	2.2	2.2.1. Contrasta y justifica la veracidad de la información 2.2.2. Utiliza fuentes fiables.
CCL1, STEM2, STEM5, CD4, CPSAA2, CC4, CE1, CE3	5.1	5.1.1. Analiza las causas de las problemáticas medioambientales y climáticas 5.1.2. Expone las consecuencias de las acciones humanas en relación con la conservación del medioambiente o del clima
	5.2	5.2.1. Contribuye a la elaboración de las conclusiones 5.2.2. Propone iniciativas para construir una sociedad basada en el desarrollo sostenible

6.2.5. Metodología

Esta situación de aprendizaje se fundamenta en la metodología del debate y el aprendizaje cooperativo. Según Casanova, Álvarez y Gómez (2009), el aprendizaje

cooperativo es un proceso comunicativo de construcción de significado conjunto que, de manera estructurada, promueve la interacción entre iguales, en torno a un objetivo o tarea educativa.

En este caso, los alumnos y alumnas deberán preparar un debate, escenificarlo y llegar a puntos en común entre ambas partes. De acuerdo con Esteban García y Ortega Gutiérrez, (2017) la utilización del debate puede ser una estrategia muy útil para el desarrollo intelectual del estudiante y para conectar los temas que se tratan con los problemas sociales. De esta forma podemos ir más allá de la mera adquisición de conocimientos y fomentar en el alumnado un espíritu crítico y la habilidad de cuestionar la información.

6.2.6. Secuenciación y desarrollo

1. Reparto de roles: se dividirá a la clase en dos grupos de manera aleatoria, unos a favor y otros en contra del uso de transgénicos. Dentro de cada grupo se crearán grupos de trabajo más pequeños que se ocupen de cada uno de los siguientes temas:
 - Relación entre el uso de cultivos transgénicos y agroquímicos
 - Calidad del suelo y calidad del agua
 - Transgénicos y cambio climático. Alteración de ciclos biogeoquímicos
 - Soberanía alimentaria: monocultivo vs. policultivo. Agricultura tradicional o ecológica
2. Búsqueda de información y preparación de argumentos: se les indicará que deben buscar argumentos que apoyen su postura y argumentos contrarios para que puedan prepararse las respuestas. Tendrán un tiempo para la búsqueda y organización de la información (1ª sesión) y después los grupos de debate se reunirán para poner en común lo recabado por cada grupo de trabajo (2ª sesión)
3. 3ª sesión - Escenificación del debate: se le dedicará una sesión completa a la escenificación del debate. El profesor o profesora actuará moderando el debate. Se permitirá que los participantes proyecten material audiovisual para apoyar sus argumentos, siempre teniendo en cuenta que las intervenciones serán de un máximo de 1 minuto.
4. Conclusiones consensuadas: al final del debate se escribirán en la pizarra las conclusiones a las que se ha llegado de forma consensuada por ambas partes.

6.2.7. Evaluación

A continuación, en la tabla 7, se detallan los instrumentos y herramientas de evaluación que se utilizarán para evaluar los indicadores de logro correspondientes tanto a los criterios de evaluación de las competencias como a los saberes básicos

La técnica de heteroevaluación que se utilizará para valorar el desempeño del alumnado en esta situación de aprendizaje es la observación sistemática. Las herramientas de evaluación serán un registro anecdótico, para el día de trabajo en clase y una rúbrica para el día en que se escenifica el debate.

Tabla 7. Evaluación de la situación de aprendizaje “¿Son nocivos los organismos genéticamente modificados?”

EVALUACIÓN		
TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS
Observación sistemática	Representación del debate	Rúbrica
	Diario del docente	Registro anecdótico

Además, el propio alumnado realizará tanto una coevaluación de sus compañeros como una heteroevaluación de la acción docente, con una sencilla escala de valoración proporcionada por el profesor o profesora. Esto se realizará al final de la situación de aprendizaje, después de la puesta en común de las conclusiones. En esta rúbrica se valorarán los siguientes aspectos:

- El profesor/a ha proporcionado las herramientas adecuadas para el desarrollo de esta actividad.
- Se ha establecido un debate riguroso en términos científicos.
- Se ha mantenido una actitud respetuosa y reflexiva.
- Los argumentos presentados estaban fundamentados con datos científicos, rigurosos y fiables.
- Se han obtenido conclusiones por consenso mayoritario

6.2.7.1. Evaluación de las competencias

Mediante los instrumentos de evaluación descritos en la tabla 7 se valorará la consecución de los indicadores de logro correspondientes a las competencias específicas, descritos en la tabla 6.

6.2.7.2. Evaluación de los saberes básicos

Por otro lado, se debe valorar también el grado de adquisición de conocimientos o saberes básicos. En la tabla que sigue a estas líneas (tabla 8) se detallan los indicadores de logro correspondientes a los saberes básicos, que también se evaluarán mediante las herramientas antes descritas.

Tabla 8. Indicadores de logro de los saberes básicos de la situación de aprendizaje “¿Son nocivos los organismos genéticamente modificados?”

EVALUACIÓN DE LOS SABERES BÁSICOS	
BLOQUE DE CONOCIMIENTO	INDICADORES DE LOGRO
Bloque A. Proyecto Científico	<ul style="list-style-type: none"> ● Plantea los argumentos y conclusiones con perspectiva científica ● Es capaz de buscar información fiable y veraz ● Expresa y comunica sus resultados y conclusiones de manera científica
Bloque B. Ecología y sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ● Reconoce la importancia de la conservación medioambiental para el desarrollo social y económico. ● Conoce la relación entre la salud medioambiental, humana y de otros seres vivos: one health (una sola salud). ● Ha comprendido la dinámica de los ecosistemas: flujos de energía, ciclos de la materia (carbono, nitrógeno, fósforo y azufre), interdependencia, relaciones tróficas y la fragilidad del equilibrio. ● Conoce las causas y consecuencias ambientales y sociales de la pérdida de biodiversidad.
Bloque D. La dinámica y composición terrestres	<ul style="list-style-type: none"> ● Conoce el proceso de formación de un suelo (edafogénesis) ● Comprende la importancia de la conservación de los suelos

6.2.7.3. Criterios de evaluación

Bajo estos párrafos, en la tabla 9, se especifica el peso que tendrán ambas evaluaciones en la nota final que se otorgará a la situación de aprendizaje “¿Son nocivos los organismos genéticamente modificados?”

En este caso le hemos dado un mayor peso a las competencias porque el trabajo es fundamentalmente competencial y los conceptos y contenidos del debate podrían salirse de los establecidos específicamente por el currículo. Consideramos que es una ocasión excepcionalmente útil para valorar la adquisición de las competencias específicas correspondientes. Además, los conocimientos ligados a los bloques B y D se evaluarán de forma independiente a esta situación de aprendizaje, pues deben ser trabajados en clase de forma teórica para complementar a estas actividades.

Tabla 9. Criterios de evaluación de la situación de aprendizaje “¿Son nocivos los organismos genéticamente modificados?”

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
Competencias	60%
Saberes básicos	40%

6.3. Role playing: Debate sobre vacunación

6.3.1. Identificación

“¿Son peligrosas las vacunas?”

Curso: 2º de Bachillerato

Asignatura: Biología

Temporalización: 2-3 sesiones

6.3.2. Justificación

Se ha elegido el tema de la vacunación para plantear esta situación de aprendizaje debido a que es un tema que ha sido muy mediático en los últimos años, todo el mundo ha hablado y opinado de ello en los últimos años y es muy probable que haya alumnos o alumnas con ideas erróneas al respecto. La metodología del debate puede adaptarse a diferentes temáticas y aún seguiremos trabajando las mismas competencias, pero es necesario acercar los contenidos del aula a la vida cotidiana del alumnado para aumentar el interés y la motivación por el aprendizaje.

Trabajando en torno al tema de las vacunas se hará hincapié en la importancia de los avances de la biotecnología para la sociedad en cuestión de salud y medicina, es por eso que esta situación de aprendizaje nos permite abordar el ODS 3, de Salud y Bienestar.

6.3.3. Descripción

Durante esta situación de aprendizaje el alumno o alumna se meterá en el papel de ser un divulgador o divulgadora de temas científicos al que llaman para acudir a un debate en televisión sobre la nueva vacuna contra el COVID19. La acción se sitúa durante el invierno de 2021, cuando se están produciendo las campañas masivas de vacunación. En este caso el profesor o profesora realizará el papel de tertuliano “anti-vacunas” y será responsabilidad del trabajo conjunto de la clase el rebatir sus argumentos.

6.3.4. Concreción curricular

A continuación, en la tabla 10, se encuentran detallados los saberes básicos y objetivos referentes a esta situación de aprendizaje, así como las competencias específicas y sus indicadores de logro y descriptores operativos correspondientes.

Tabla 10. Concreción curricular de la situación de aprendizaje “¿Son peligrosas las vacunas?”

SABERES BÁSICOS	
Bloque A. Las biomoléculas	<ul style="list-style-type: none"> • Las proteínas: características químicas, estructura, función biológica, papel biocatalizador. • Los ácidos nucleicos: tipos, características químicas, estructura y función biológica.
Bloque E. Biotecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Importancia y repercusiones de la biotecnología: aplicaciones en salud
Bloque F. Inmunología	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto de inmunidad. • Inmunidad innata y específica: diferencias. • Inmunidad humoral y celular: mecanismos de acción. • Inmunidad artificial y natural, pasiva y activa: mecanismos de funcionamiento.
OBJETIVOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Establecer criterios para la búsqueda de información • Establecer criterios para el análisis de publicaciones científicas 	

- Afianzar los conceptos del bloque de Inmunología
- Mejorar las habilidades de argumentación y de hablar en público
- Fomentar el espíritu crítico
- Incentivar la participación activa durante el desarrollo de las clases tradicionales

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

1. Interpretar y transmitir información y datos a partir de trabajos científicos y argumentar sobre estos, con precisión y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos, procesos, métodos, experimentos o resultados de las ciencias biológicas.

2. Localizar y utilizar fuentes fiables, identificando, seleccionando y organizando la información, evaluándola críticamente y contrastando su veracidad, para resolver preguntas planteadas de forma autónoma y crear contenidos relacionados con las ciencias biológicas.

3. Analizar trabajos de investigación o divulgación relacionados con las ciencias biológicas, comprobando con sentido crítico su veracidad o si han seguido los pasos de los métodos científicos, para evaluar la fiabilidad de sus conclusiones.

5. Analizar críticamente determinadas acciones relacionadas con la sostenibilidad y la salud, basándose en los fundamentos de la biología molecular, para argumentar acerca de la importancia de adoptar estilos de vida sostenibles y saludables.

DESCRIPTORES OPERATIVOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES DE LOGRO
CCL1, CCL2, CP1, STEM2, STEM4, CD3, CPSAA4, CC3, CEC4.	1.1	1.1.1. Analiza críticamente los argumentos que plantea el tertuliano 1.1.2. Rebate los argumentos contrarios de manera fundamentada
	1.2	1.2.1. Plantea los argumentos adecuados a su postura 1.2.2. Utiliza diferentes formatos para exponer datos que apoyan sus argumentos 1.2.3. Emplea un vocabulario adecuado y específico
	1.3	1.3.1. Argumenta sus intervenciones aportando evidencias científicas 1.3.2. Tiene una actitud abierta, flexible, receptiva y respetuosa ante la opinión de los demás 1.3.3. Manifiesta desacuerdo aportando ideas, contenidos o propuestas para la reflexión y construcción
CCL2, CCL3, CP2, STEM4, CD1, CD2, CPSAA4, CC3	2.1	2.1.1. Selecciona y organiza la información 2.1.2. Cita las fuentes adecuadamente
	2.2	2.2.1. Contrasta y justifica la veracidad de la información 2.2.2. Utiliza fuentes fiables.

CCL2, CP1, STEM2, STEM3, STEM4, CPSAA4, CC3, CE1.	3.1	3.1.1. Evalúa la fiabilidad de las conclusiones de un trabajo de investigación o divulgación científica 3.1.2. Resume las ideas, contenidos o propuestas planteados en la intervención
	3.2	3.2.1. Argumenta, utilizando ejemplos concretos, sobre la contribución de la ciencia a la sociedad 3.2.2. Comprende la influencia del contexto político y social y de los recursos económicos en el avance de la ciencia
CCL3, STEM2, STEM5, CD4, CPSAA2, CC3, CC4, CE1.	5.1	5.1.1. Argumenta sobre la importancia de adoptar estilos de vida saludables y compatibles con el desarrollo sostenible 5.1.2. Utiliza los principios de la biología molecular para razonar sus argumentaciones

6.3.5. Metodología

Esta situación de aprendizaje se fundamenta en la metodología del debate y el aprendizaje cooperativo. Según Casanova, Álvarez y Gómez (2009), el aprendizaje cooperativo es un proceso comunicativo de construcción de significado conjunto que, de manera estructurada, promueve la interacción entre iguales, en torno a un objetivo o tarea educativa.

En este caso, los alumnos y alumnas deberán preparar un debate para, entre todo el grupo, derrotar dialécticamente a un enemigo común, personificado en el tertuliano “anti-vacunas”. De acuerdo con Esteban García y Ortega Gutiérrez, (2017) la utilización del debate puede ser una estrategia muy útil para el desarrollo intelectual del estudiante y para conectar los temas que se tratan con los problemas sociales. De esta forma podemos ir más allá de la mera adquisición de conocimientos y fomentar en el alumnado un espíritu crítico y la habilidad de cuestionar la información.

6.3.6. Secuenciación y desarrollo

Esta situación de aprendizaje debe realizarse cuando se hayan impartido los contenidos teóricos del bloque F, de Inmunología. Es interesante realizarla justo después, para afianzar los conceptos, y antes de entrar en el bloque E, de biotecnología, de manera que esta actividad sirva como introducción a las aplicaciones biotecnológicas en el campo de la salud.

La primera sesión se realizará en el aula de informática, en ella explicaremos la actividad al alumnado, y les dejaremos que investiguen cuáles son los argumentos “anti-vacunas” para que empiecen a elaborar la contra-argumentación. El profesor o profesora guiará a la clase para que se organicen y repartan los diferentes aspectos a investigar. Después habrá una semana de trabajo en casa para terminar la preparación de las argumentaciones.

En la segunda sesión se escenificará el debate en el aula. Dependiendo de cómo sea el grupo, el profesor actuará de moderador a la vez que de tertuliano “anti-vacunas” o bien se designará a un alumno o alumna para que ejerza el papel de moderador o moderadora. Al final de esta sesión, el profesor o profesora explicará, o mejor dicho, “desmontará” aquellos argumentos “anti-vacunas” que el alumnado no haya sido capaz de rebatir. En este momento se pueden explicar aspectos de la investigación científica que la hacen fiable, como son las cualidades de reproducibilidad, repetibilidad, tamaño de muestra, sesgo, etc.

6.3.7. Evaluación

A continuación, en la tabla 11, se detallan los instrumentos y herramientas de evaluación que se utilizarán para evaluar los indicadores de logro correspondientes tanto a los criterios de evaluación de las competencias como a los saberes básicos

La técnica de heteroevaluación que se utilizará para valorar el desempeño del alumnado en esta situación de aprendizaje es la observación sistemática. Las herramientas de evaluación serán un registro anecdótico, para el día de trabajo en clase y una rúbrica para el día en que se escenifica el debate.

Tabla 11. Evaluación de la situación de aprendizaje “¿Son peligrosas las vacunas?”

EVALUACIÓN		
TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS
Observación sistemática	Representación del debate	Rúbrica
	Diario del docente	Registro anecdótico

6.3.7.1. Evaluación de las competencias

Mediante los instrumentos de evaluación descritos en la tabla 11 se valorará la consecución de los indicadores de logro correspondientes a las competencias específicas, descritos en la tabla 10.

6.3.7.2. Evaluación de los saberes básicos

Por otro lado, se debe valorar también el grado de adquisición de conocimientos o saberes básicos. En la tabla que sigue a estas líneas (tabla 12) se detallan los indicadores de logro correspondientes a los saberes básicos, que también se evaluarán mediante las herramientas antes descritas.

Tabla 12. Indicadores de logro de los saberes básicos de la situación de aprendizaje “¿Son peligrosas las vacunas?”

EVALUACIÓN DE LOS SABERES BÁSICOS	
BLOQUE DE CONOCIMIENTO	INDICADORES DE LOGRO
Bloque A. Las biomoléculas	<ul style="list-style-type: none"> ● Conoce la estructura de los anticuerpos ● Conoce la función de los anticuerpos ● Conoce la función de los ácidos nucleicos en procesos infecciosos
Bloque E. Biotecnología	<ul style="list-style-type: none"> ● Reconoce la importancia de la biotecnología en el campo de la salud ● Comprende las repercusiones de la biotecnología en relación a la salud
Bloque F. Inmunología	<ul style="list-style-type: none"> ● Comprende el concepto de inmunidad. ● Conoce las características y diferencias de la inmunidad innata y específica. ● Conoce los mecanismos de acción de la inmunidad humoral y celular ● Conoce los mecanismos de funcionamiento y las diferencias de la inmunidad artificial y natural, pasiva y activa.

6.3.7.3. Criterios de evaluación

Bajo estos párrafos, en la tabla 13, se especifica el peso que tendrán ambas evaluaciones en la nota final que se otorgará a la situación de aprendizaje “¿Son peligrosas las vacunas?”

En este caso le hemos dado un mayor peso a las competencias porque el trabajo es fundamentalmente competencial y los conceptos y contenidos del debate podrían salirse de los establecidos específicamente por el currículo. Consideramos que es una ocasión excepcionalmente útil para valorar la adquisición de las competencias específicas correspondientes. Además, los conocimientos ligados a los bloques A, E y F se evaluarán de forma independiente a esta situación de aprendizaje, pues deben ser trabajados en clase de forma teórica para complementar a estas actividades.

Tabla 13. Criterios de evaluación de la situación de aprendizaje “¿Son peligrosas las vacunas?”

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
Competencias	60%
Saberes básicos	40%

6.4. Ingeniería genética: resolviendo un problema.

6.4.1. Identificación

“UTILIZAMOS LA BIOTECNOLOGÍA PARA SALVAR A LA HUMANIDAD”

Curso: 2º de bachillerato

Asignatura: Biología

Temporalización: 5 sesiones

6.4.2. Justificación

Esta situación de aprendizaje se ha diseñado para mejorar la comprensión del alumnado en cuanto al uso y aplicaciones de las herramientas de ingeniería genética actuales, analizando las ventajas, desventajas e implicaciones éticas de su uso a gran escala. Se plantea desde la metodología del aprendizaje basado en problemas (ABP) para poder realizar esa conexión entre la teoría y la vida cotidiana del alumnado.

Además, al realizar esta serie de actividades trabajaremos las temáticas que atañen a los siguientes Objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030:

- ODS 3 “Salud y Bienestar”
- ODS 6 “Agua limpia y saneamiento”

- ODS 9 “Industria, innovación e infraestructura”
- ODS 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”
- ODS 12 “Producción y consumo responsables”
- ODS 13 “Acción por el clima”
- ODS 15 “Vida de ecosistemas terrestres”

6.4.3. Descripción

La situación de aprendizaje “Utilizamos la biotecnología para salvar a la humanidad” consiste en la elaboración de un trabajo escrito y una presentación oral del mismo trabajo. Este documento tiene un doble carácter, de investigación bibliográfica y de elaboración práctica, pues tendrán que diseñar, y describir los pasos para su consecución, un organismo modificado genéticamente.

El alumnado tendrá que ponerse en un caso situado en un futuro en el que la humanidad ha desoído las llamadas de la comunidad científica a crear una sociedad sostenible y se ha llegado a un punto límite en multitud de aspectos. A cada grupo se le dará un problema concreto y tendrán que pensar una solución, diseñar un OMG que ayude a paliar daños o a solucionar el problema y proponer medidas que deberíamos tomar ahora mismo para no llegar a tal situación.

6.4.4. Concreción curricular

A continuación, en la tabla 10, se encuentran detallados los saberes básicos y objetivos referentes a esta situación de aprendizaje, así como las competencias específicas y sus indicadores de logro y descriptores operativos correspondientes.

Tabla 14. Concreción curricular de la situación de aprendizaje “Utilizamos la biotecnología para salvar la humanidad”

SABERES BÁSICOS	
Bloque E. Biotecnología	<ul style="list-style-type: none"> ● Técnicas actuales de ingeniería genética (PCR, enzimas de restricción, clonación molecular, CRISPR-CAS9, etc.), aplicaciones y principales líneas de investigación. ● Importancia y repercusiones de la biotecnología: aplicaciones en salud, agricultura, medio ambiente, nuevos materiales, industria alimentaria, etc. ● El papel destacado de los microorganismos ● Marco normativo europeo sobre la utilización de organismos

	modificados genéticamente y sus implicaciones éticas.	
Bloque F. Inmunología	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades infecciosas: fases. 	
OBJETIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las técnicas actuales de ingeniería genética y sus principales aplicaciones. • Conocer las principales leyes europeas que regulan el uso de organismos modificados genéticamente • Conocer los fundamentos del planteamiento de una investigación científica • Reflexionar sobre las herramientas que aporta la biotecnología para abordar diferentes problemáticas de la sociedad actual • Afianzar los conocimientos sobre el método científico adquiridos en cursos anteriores 		
COMPETENCIAS ESPECÍFICAS		
1. Interpretar y transmitir información y datos a partir de trabajos científicos y argumentar sobre estos, con precisión y utilizando diferentes formatos, para analizar conceptos, procesos, métodos, experimentos o resultados de las ciencias biológicas.		
2. Localizar y utilizar fuentes fiables, identificando, seleccionando y organizando la información, evaluándola críticamente y contrastando su veracidad, para resolver preguntas planteadas de forma autónoma y crear contenidos relacionados con las ciencias biológicas.		
4. Plantear y resolver problemas, buscando y utilizando las estrategias adecuadas, analizando críticamente las soluciones y reformulando el procedimiento si fuera necesario, para explicar fenómenos relacionados con las ciencias biológicas.		
5. Analizar críticamente determinadas acciones relacionadas con la sostenibilidad y la salud, basándose en los fundamentos de la biología molecular, para argumentar acerca de la importancia de adoptar estilos de vida sostenibles y saludables.		
DESCRIPTORES OPERATIVOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	INDICADORES DE LOGRO
CCL1, CCL2, CP1, STEM2, STEM4, CD3, CPSAA4, CC3, CEC4.	1.1	1.1.1. Analiza críticamente las causas de la situación que se le plantea 1.1.2. Analiza críticamente las consecuencias de la situación que se le plantea
	1.2	1.2.1. Comunica razonadamente el contenido del trabajo, la solución que propone al problema 1.2.2. Utiliza la terminología adecuada 1.2.3. Utiliza el formato adecuado para representar los datos 1.2.4. Responde de manera fundamentada y precisa a las cuestiones que surgen en el turno de preguntas

	1.3	1.3.1. Argumenta sus conclusiones de manera razonada 1.3.2. Analiza críticamente las ventajas y desventajas de la solución que ha planteado 1.3.3. Tiene una actitud abierta, flexible, receptiva y respetuosa ante la opinión de los demás
CCL2, CCL3, CP2, STEM4, CD1, CD2, CPSAA4, CC3	2.1	2.1.1. Selecciona y organiza la información 2.1.2. Cita las fuentes adecuadamente
	2.2	2.2.1. Contrasta y justifica la veracidad de la información 2.2.2. Utiliza fuentes fiables.
CCL2, STEM1, STEM2, CD1, CD5, CPSAA1.1, CPSAA5.	4.1	4.1.1. Utiliza las estrategias y recursos adecuados 4.1.2. El planteamiento del proceso de creación del OGM es correcto
	4.2	4.2.1. Analiza críticamente la aplicación práctica de la solución que ha propuesto
CCL3, STEM2, STEM5, CD4, CPSAA2, CC3, CC4, CE1.	5.1	5.1.1. Presenta argumentos convincentes para tomar medidas contra el problema planteado 5.1.2. Relaciona los procesos microscópicos con sus consecuencias a escala macroscópica

6.4.5. Metodología

Esta situación de aprendizaje se basa en una metodología activa de aprendizaje basado en problemas (ABP) con modalidad de aprendizaje cooperativo. Esto quiere decir que los grupos de trabajo deberán trabajar para la consecución de un objetivo (elaborar un plan para resolver el problema que se les plantea) y que serán evaluados de forma individual (mediante el diario de observaciones del profesor o profesora) a la par que colectiva ya que el trabajo escrito y la presentación oral se realizará por grupos.

Se proporcionará a cada grupo una situación problemática tal que para llegar a una solución deberán diseñar un organismo genéticamente modificado e indicar cómo se podría utilizar y aplicar en base a la legislación vigente.

Existen numerosas fuentes que corroboran que el uso de la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es muy útil y altamente beneficiosa en lo que se refiere a la enseñanza del ámbito de la Biología. Según Guevara Ortiz (2021) “es una de las metodologías activas, que garantizan el desarrollo del pensamiento crítico, habilidades y competencias cognitivas, para la comprensión de procesos y fenómenos biológicos que se manifiestan en la vida cotidiana”. Es precisamente la unión de los conceptos teóricos

vistos en el aula con problemas de la vida real lo que se pretende conseguir con esta situación de aprendizaje.

Los estudios realizados por Aguado y Campo en 2018 también avalan el uso de esta metodología para la adquisición de las competencias relacionadas con la biología, concretamente la competencia científica.

6.4.6. Secuenciación y desarrollo

Antes de comenzar con el trabajo en sí mismo es necesario que el alumnado tenga los conocimientos necesarios sobre ingeniería genética, búsqueda de información, trabajo en laboratorio y diseño de investigaciones según el método científico. Por esta razón es necesario que esta situación de aprendizaje se plantee después de haber impartido y trabajado los siguientes bloques de saberes básicos que forman parte del temario de 2º de bachillerato:

- Bloque A. Las biomoléculas
- Bloque B. Genética molecular
- Bloque C. Biología celular
- Bloque E. Biotecnología

La secuencia de actividades que se realizarán en esta situación de aprendizaje es la siguiente:

6.4.6.1. Actividades introductorias

Durante dos sesiones en el aula de informática se trabajarán, mediante una serie de laboratorios virtuales desarrollados por la Universidad de Utah (<https://learn.genetics.utah.edu/content/labs/>) los siguientes conceptos:

- Extracción de ADN
- Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)
- Electroforesis

Por último se realizará una pequeña introducción o repaso sobre búsqueda de información: bases de datos, motores de búsqueda de artículos científicos y herramientas de bioinformática

6.4.6.2. Actividad de desarrollo

Una vez afianzados los conocimientos necesarios para su elaboración, comenzará a realizarse el trabajo de investigación. Para ello será necesario dividir a la clase en 4 grupos heterogéneos, y se les pedirá que se sitúen en el siguiente supuesto:

“Corre el año 2100 y eres un científico o una científica que trabaja para el Comité Europeo de Crisis. Os encontráis en una situación nunca antes vista, pues acaban de sucederse cuatro eventos que, por separado, comprometen la supervivencia de la especie humana.”

Situación 1. *“La descomposición de los microplásticos presentes en los ecosistemas terrestres está alterando el comportamiento de numerosas especies. Después de muchos años y esfuerzos en limpiar el mar de estas sustancias, nos hemos dado cuenta de que la tierra también corre peligro. Necesitamos un sistema para eliminar estos productos, especialmente los derivados del PVC, de los suelos de toda Europa.”*

Situación 2. *“Hay una epidemia extendiéndose por Francia de una bacteria resistente a todos los antibióticos conocidos. Los expertos han situado el origen del brote en un hospital de París. Necesitamos un antibiótico nuevo capaz de matar a este patógeno, y un método para producirlo de forma rápida y barata.”*

Situación 3. *“Hay un brote de un virus respiratorio, altamente contagioso y con una tasa de mortalidad muy alta en una zona cercana al Amazonas, en Brasil. Debemos encontrar una vacuna antes de que lleguen los primeros casos a nuestra zona.”*

Situación 4. *“En la lista de observación de contaminantes se ha observado un incremento de los niveles detectados de diferentes antibióticos (principalmente Amoxicilina) en las aguas de los ríos de toda Europa. Debemos solucionar esto lo antes posible, pues los niveles detectados causarán una alteración de los ecosistemas acuáticos cuyas consecuencias podrían llegar a la destrucción de las pocas fuentes de agua para consumo, humano y agrícola, que nos quedan.”*

Índice del trabajo:

1. Introducción: antecedentes y justificación de la propuesta

2. Propuesta de solución al problema: creación de organismo transgénico
 - a. Selección del gen
 - b. Selección del organismo
 - c. Pasos a seguir para la creación del organismo transgénico
 - d. Aplicación práctica del producto final. Legislación. Ventajas y desventajas.
3. Discusión y conclusiones
 - a. ¿Por qué se ha llegado a esta situación?
 - b. ¿Qué podemos hacer ahora, en 2025, para evitar llegar a esta situación?

6.4.6.3. Actividad de evaluación

Cada grupo deberá presentar ante el resto del “Comité Europeo de Crisis” su propuesta de plan de contingencia ante el problema que se les asignó al principio del trabajo. Las presentaciones serán de 10-15 minutos y cada una de ellas irá seguida de un turno de preguntas y sugerencias realizadas por el resto de compañeros de clase.

6.4.7. Evaluación

La heteroevaluación, tanto de las competencias como de los saberes básicos, se realizará mediante las técnicas, instrumentos y herramientas de evaluación que se detallan en la tabla 15, bajo estas líneas. Se utilizará la técnica de análisis de documentos mediante una rúbrica para evaluar el trabajo escrito, y también la observación sistemática mediante una escala de valoración para valorar el desempeño durante la presentación oral y posterior defensa de las propuestas.

Tabla 15. Evaluación de la situación de aprendizaje *“Utilizamos la biotecnología para salvar la humanidad”*

EVALUACIÓN		
TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	HERRAMIENTAS
Análisis de documentos	Trabajo escrito	Rúbrica
Observación	Presentación oral y defensa	Escala de valoración

Por otro lado se le pedirá al alumnado que realice una coevaluación de las presentaciones y defensas de sus compañeros y compañeras, mediante una escala de valoración muy sencilla proporcionada por el profesor o profesora.

Aprovechando esa misma hoja se les pedirá en otro apartado que realicen una breve autoevaluación sobre el trabajo realizado, en la cual se les realizará una pequeña batería de preguntas concretas.

1. ¿Qué has aprendido con la realización de este trabajo?
2. ¿Qué te ha parecido más difícil?
3. ¿Qué es lo que más te ha gustado realizar?
4. ¿Qué has aprendido de los trabajos del resto de la clase?
5. ¿Qué es lo que menos te ha gustado? ¿Por qué?

6.4.7.1. Evaluación de las competencias

La evaluación de las competencias se realizará mediante los indicadores de logro que se encuentran descritos en la tabla 14, y relacionados con sus correspondientes criterios de evaluación y competencias específicas.

6.4.7.2. Evaluación de los saberes básicos

Por otro lado, es importante también evaluar la adquisición de conocimientos, los denominados “saberes básicos” que se trabajan en esta situación de aprendizaje. En la tabla 16, que se encuentra bajo estas líneas se detallan los indicadores de logro correspondientes a los saberes básicos de cada uno de los dos bloques de conocimiento.

Para realizar esta evaluación se incluirán los indicadores de logro correspondientes a los saberes básicos en las herramientas de evaluación descritas en la tabla 15.

Tabla 16. Indicadores de logro de los saberes básicos de la situación de aprendizaje *“Utilizamos la biotecnología para salvar la humanidad”*

EVALUACIÓN DE LOS SABERES BÁSICOS	
BLOQUE DE CONOCIMIENTO	INDICADORES DE LOGRO

<p>Bloque E. Biotecnología</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Conoce al menos cuatro técnicas actuales de ingeniería genética (PCR, enzimas de restricción, clonación molecular, CRISPR-CAS9, etc.) ● Sabe aplicar dichas técnicas de manera adecuada ● Es consciente de la importancia y repercusiones que tiene la biotecnología en su variedad de aplicaciones ● Conoce la importancia de los microorganismos para la biotecnología ● Tiene nociones básicas sobre la legislación referente a la utilización de OMG ● Conoce las implicaciones éticas de la utilización de OMG
<p>Bloque F. Inmunología</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Conoce las fases de una enfermedad infecciosa.

6.4.7.3. Criterios de evaluación

A continuación se especifica el peso que va a tener en la nota final de esta situación de aprendizaje cada una de las evaluaciones realizadas. Excluimos aquí la autoevaluación, pues esta no tendrá una nota numérica y su objetivo es proporcionar información al profesorado sobre la propia actividad didáctica y el desempeño del alumnado a nivel de aprendizaje.

Tabla 17. Criterios de evaluación de la situación de aprendizaje *“Utilizamos la biotecnología para salvar la humanidad”*

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
Competencias	40%
Saberes básicos	40%
Coevaluación	20%

7. Consideraciones generales sobre la evaluación

Se ha escrito mucho sobre la educación basada en competencias y la mayor parte de los autores concuerdan en que los modelos educativos con enfoque en competencias deben procurar organizar la enseñanza de tal manera que los estudiantes desarrollen sus capacidades para la resolución de problemas reales (García, 2011). La reticencia a adoptar este sistema por parte del cuerpo docente del estado español se debe al supuesto abandono de los conocimientos teóricos, por lo que se propone en este trabajo realizar una evaluación híbrida entre las competencias y los saberes básicos.

La primera cuestión es, ¿cómo evaluamos las competencias? A lo largo del desarrollo de este trabajo se han diseñado una serie de indicadores de logro para valorar la adquisición de las competencias específicas, usando los criterios de evaluación descritos en el Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, como puente para conectarlos. Esto es necesario porque dependiendo de la naturaleza de cada situación de aprendizaje tendremos unos indicadores de logro diferentes.

La propuesta para la cuantificación numérica del grado de adquisición de las competencias, es que se valore cada uno de esos indicadores de logro con una escala de valoración que establezca el grado de consecución (de 0 a 4 puntos). Al final del trimestre se realizará la media entre los valores alcanzados por todos los indicadores de logro que se hayan valorado a lo largo de dicho trimestre. De esta manera obtendremos una nota, de 0 a 4 puntos, para cada uno de los criterios de evaluación y, por ende, de las competencias específicas que les corresponden. En la figura 13 se ha ilustrado un resumen de los diferentes elementos que compondrían el sistema de evaluación que se propone.

Establecer la nota con un máximo de 4 puntos tiene un sentido práctico para disminuir la variabilidad de una valoración subjetiva. De esta manera podemos equiparar la nota numérica con una escala de valoración en la que 0=Pobre, no cumple ningún estándar, 1=Suficiente, cumple pocos estándares, 2=Bien, cumple algunos estándares, 3=Muy bien, cumple la mayoría de los estándares y 4=Excelente, cumple todos los estándares.

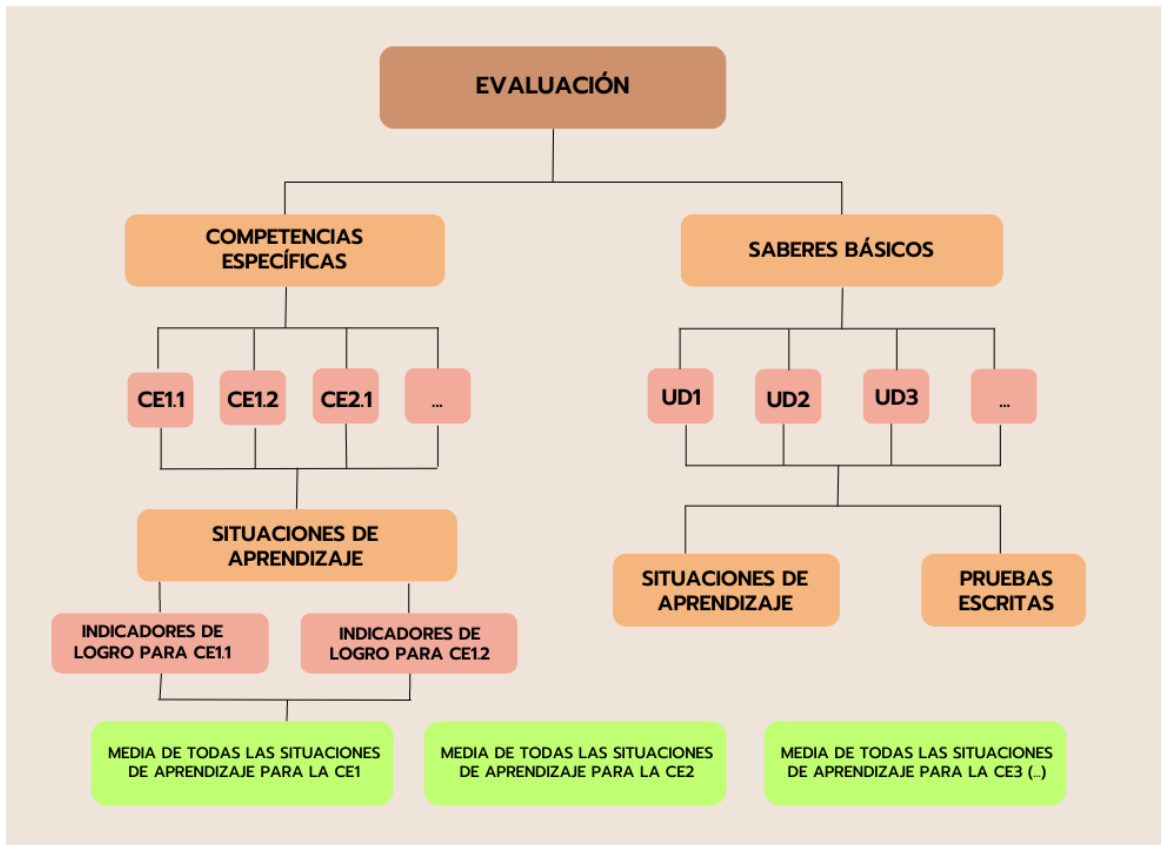


Figura 13. Elementos de la evaluación

8. Atención a la diversidad

Según el artículo 25 del Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato, en el que se habla de la atención a las diferencias individuales, esta se regirá por los principios de normalización e inclusión.

En cualquier caso, le corresponde al departamento de Orientación ayudar a los docentes a tomar las medidas adecuadas para que las condiciones de realización de las evaluaciones se adapten a las necesidades del alumnado con necesidad específica de apoyo educativo. Además es importante mencionar que, según el decreto 243/2022, las administraciones educativas “podrán incorporar las lenguas de signos españolas en toda la etapa [...] con objeto de reforzar la inclusión”

La filosofía del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) recoge muy bien estos requerimientos para la inclusión. Presenta una visión humanista de la educación, teniendo en cuenta que todas las personas son diferentes, con puntos fuertes y débiles: la diversidad es la regla, no la excepción. Dentro de esta filosofía que nos permite abordar el diseño de la enseñanza teniendo en cuenta las diferencias individuales, se suelen diferenciar tres áreas fundamentales: la representación, la motivación y la acción y expresión. (Díez y Sánchez, 2015)

1. La representación hace referencia al contenido y a los conocimientos: qué aprender. Es necesario ofrecer el acceso al contenido en diferentes formatos.
2. La motivación implica compromiso y cooperación, supone que el alumno se involucre en su propio aprendizaje: por qué aprender. Las actividades que se han diseñado para este trabajo pretenden ser divertidas e interesantes para el alumnado. Esto se ha tenido en cuenta por ejemplo a la hora de escoger las situaciones en las que enfocar los contenidos tratando de acercar la vida cotidiana o la actualidad social al interior del aula.
3. La acción y la expresión responden a cómo aprender. En este caso se ha decidido otorgar todo el protagonismo a los alumnos y alumnas, mediante el empleo de metodologías activas.

9. Conclusiones

Después de la elaboración de una encuesta que ha puesto en evidencia las carencias del sistema educativo en relación a la biotecnología, es necesaria la reflexión en torno a las prácticas educativas habituales hasta el momento. Atendiendo a esta necesidad, se han diseñado una serie de situaciones de aprendizaje basadas en metodologías activas para la enseñanza de la biotecnología en el nivel de bachillerato. El objetivo principal ha sido promover el aprendizaje de la biotecnología en el contexto educativo, poniendo en valor su importancia social.

Se espera que las metodologías activas utilizadas, como el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje cooperativo y colaborativo o los debates, resulten efectivas para involucrar a los estudiantes en su propio aprendizaje, atendiendo al área de la motivación del diseño universal del aprendizaje. Al utilizar enfoques prácticos y contextualizados, se pretende que los estudiantes muestren un mayor interés y participación activa en las actividades.

Por otro lado, las metodologías activas fomentarán la colaboración entre los estudiantes, promoverán el pensamiento crítico y la resolución de problemas, y permitirán una mayor comprensión de los conceptos clave de la biotecnología. El uso de herramientas tecnológicas, como simuladores, aplicaciones y recursos en línea, permite a los estudiantes explorar de manera interactiva los conceptos de la biotecnología y realizar experimentos virtuales. Esto no solo ampliará su comprensión, sino que también les brindará una experiencia más cercana a la realidad de la práctica de la biotecnología.

Por estos motivos, es recomendable que los docentes incorporen este tipo de situaciones de aprendizaje, basadas en metodologías activas, en su práctica pedagógica para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biotecnología en el bachillerato.

10. Bibliografía y Webgrafía

10.1. Bibliografía

1. Aguado O., A., y Campo F., Álvaro. (2018). Innovación didáctica enmarcada en el aprendizaje basado en problemas (ABP) para la enseñanza de la Biología. *Assensus*, 3(4), 2018. <https://doi.org/10.21897/assensus.1504>
2. Aguado, A. y Campo, Álvaro. (2018). Desarrollo de competencias científicas en biología con la metodología del aprendizaje basado en problemas en estudiantes de noveno grado. *Bio-grafía*, 11(20), 67-78. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.11.num20-8594>
3. Blanco, J.R., (1993) Las relaciones entre ciencia y sociedad: hacia una sociología histórica del conocimiento científico. *Política y Social*, 14/15 (1993-1994) Madrid, pp. 35-45
4. Casanova, M.O., Álvarez, I.M. y Gómez. I. (2009). Propuesta de indicadores para evaluar y promover el aprendizaje cooperativo en un debate virtual. *EDUTECH, Revista electrónica de tecnología educativa*, 28, pp. 1-18. <https://doi.org/10.21556/edutec.2009.28.455>
5. Cicuto, C., & Torres, B.B. (2016). Implementing an Active Learning Environment To Influence Students' Motivation in Biochemistry. *Journal of Chemical Education*, 93, pp. 1020-1026.
6. Díez Villoria, E. y Sánchez Fuentes, S. (2015). Diseño universal para el aprendizaje como metodología docente para atender a la diversidad en la universidad. *Aula Abierta*, 43, pp. 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.aula.2014.12.002>
7. Espejo, A. (2004) *Introducción a la bioética en el sistema educativo español*. [Tesis de Maestría no publicada] Universidad de Córdoba. <https://acortar.link/FWhjm0>
8. Esteban García, L., y Ortega Gutiérrez, J. (2017). El debate como herramienta de aprendizaje. *VIII Jornadas de Innovación e Investigación Docente*, pp. 48-56. <https://idus.us.es/handle/11441/83608>
9. FAO and UNEP. (2021) Global Assessment of Soil Pollution: Report. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4894en>
10. Fonseca, M.J., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012). Disclosing biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education. *Teaching and Teacher Education*, 28, 368-381.
11. Francis S. Collins et al. (2003) The Human Genome Project: Lessons from Large-Scale Biology. *Science* 300, 286-290. DOI: 10.1126/science.1084564

12. Friedrichs, S., & Beuzekom, B.V. (2018). Revised proposal for the revision of the statistical definitions of biotechnology and nanotechnology.
13. García, J. Modelo Educativo Basado en Competencias. (2011) *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*. 11(3) pp, 1-24.
<http://www.redalyc.org/pdf/447/44722178014.pdf>
14. Genetic Science Learning Center. (2018, October 23) Virtual Labs. Retrieved May 19, 2023, from <https://learn.genetics.utah.edu/content/labs/>
15. Guevara Ortiz, E. (2021). *Estrategia metodológica del ABP en la enseñanza de Biología en el segundo año de Bachillerato General Unificado del proyecto de Educación Básica para jóvenes y adultos en la Unidad Educativa Hispano América*. [Tesis de Maestría no publicada]. Universidad Tecnológica Indoamérica.
<https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2804>
16. LaCosse, J., Ainsworth, S., Shepherd, M., Ent, M., Klein, K., Holland-Carter, L., Moss, J., Licht, M., & Licht, B. (2017). An Active-Learning Approach to Fostering Understanding of Research Methods in Large Classes. *Teaching of Psychology*, 44, pp 117-123
<https://doi.org/10.1177/0098628317692614>
17. Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953.
18. López-Banet, L., Ruiz González, C., & Ayuso Fernández, E. (2020). Relationships between Knowledge, Attitudes and Interests of Spanish Pre-university Students in Relation to Different Areas of Biotechnology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2020, 16(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/9158>
19. López Rúa, A. M. y Tamayo Alzate, O. E. (2012). "Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales". *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, No. 1, Vol. 8, pp. 145-166.
20. Muñoz, E. (2014). "Biotecnología, sociedad y economía: una visión personal". *Arbor*, 190 (768): a147. <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4001>
21. Muñoz de Malajovich, M.A. (2008) Biotecnología y vida cotidiana: Vinos y vinagres. *Programa educativo Por qué Biotecnología de ArgenBio*.
https://www.porquebiotecnologia.com.ar/Trabajos_Practicos/vinosyvinagres.pdf
22. Paxman, J.R., Nield, K., & Hall, A. (2011). Motivation, Confidence, and Control; Unraveling Active Learning for Nutrition and Food Undergraduates. *The Journal of Food Science Education*, 10, pp. 45-53.

23. Phillip-Muller, A., Lee, S. W. S., Petty, R. E. (2022) Why are people antiscience, and what can we do about it?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119 (30) <https://doi.org/10.1073/pnas.2120755119>
24. Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. Ministerio de Educación y Formación Profesional BOE núm. 82, de 06 de abril de 2022. Referencia: BOE-A-2022-5521
25. Reyes Aguilera, E. A. (2020). Prácticas de laboratorio: la antesala a la realidad. *Revista Multi-Ensayos*, 6(11), pp. 61-66. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v6i11.9290>
26. Serrano, S. (2014) *Biotecnología y Sociedad* [Tesis de Maestría no publicada] Universidad de Valladolid. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/6311>
27. Soltanzadeh, L., Reza, S., Hashemi, N., & Shahi, S. (2013). The effect of active learning on academic achievement motivation in high schools students. *Archives of Applied Science Research*, 5, pp. 127-131.
28. Souza Machado, A.A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., Rillig M.C., (2018) Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems, *Global Change Biology*. <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>
29. Syamsidah (2018). Development of Learning Tools of Problem-based Learning to Enhance Scientific Thinking Skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1028.

10.2. Webgrafía

1. Burguete, Ana, Bermúdez-Morales, Víctor, & Madrid-Marina, Vicente. (2009). Medicina genómica aplicada a la salud pública. *Salud Pública de México*, 51 (Supl. 3), s379-s385. Recuperado en 01 de junio de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-3634200900090003&lng=es&tlng=es.
2. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (26 de Septiembre de 2022) Contaminantes emergentes. Gobierno de España. Recuperado en 15 de Mayo de 2023 de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/contaminantes-emergentes/>
3. Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (28 de marzo de 2023). biotechnology. *Encyclopedia Britannica*. Recuperado en 30 de Mayo de 2023 de <https://www.britannica.com/technology/biotechnology>

4. C.R. (2 de Abril de 2023) Los profesores, al límite: el nuevo sistema para evaluar a los alumnos ahoga a los docentes. *La Gaceta de Salamanca*. Recuperado en 15 de Mayo de 2023 de <https://acortar.link/Ft4U2D>
5. Servicio de asesoramiento educativo (10 de Julio de 2006) Las metodologías activas de enseñanza en el programa "Eragin". *Universidad del País Vasco*. Recuperado en 18 de Mayo de 2023 de <https://acortar.link/FWhjm0>

11. Anexos

a. Anexo I. Encuesta

La encuesta realizada para la elaboración de este trabajo puede encontrarse en formato digital en el siguiente enlace:

<https://docs.google.com/forms/d/1VIVub2FZpObIKhStliEBaknPiFfyN09wxlnT6UDt5s/edit>

Para efectos prácticos, se ha realizado una transcripción de la misma que puede leerse a continuación.

Encuesta: Biotecnología y Sociedad

Los resultados de esta encuesta son TOTALMENTE ANÓNIMOS. No se recopilan datos personales ni correos electrónicos. **iGracias por tu participación!**

1. Indica la ciudad y el nombre del centro donde estudias:

2. ¿En qué curso estás?
 - a. 2º de Bachillerato
 - b. 1º de Bachillerato
 - c. 4º de la ESO
 - d. 3º de la ESO
 - e. Otro: -----
3. ¿Qué itinerario de estudios estás cursando?
 - a. Ciencia y Tecnología
 - b. Humanidades y Ciencias Sociales
 - c. Artes
 - d. General
4. ¿Cursaste Biología y Geología en 4º de la ESO? SÍ / NO
5. Solo para los y las estudiantes del itinerario de Ciencia y Tecnología: ¿Qué optativas has cursado? (Selección múltiple)
6. ¿En algún momento has recibido información relacionada con la Biotecnología por parte de tus profesores o profesoras? SÍ / NO

7. Cuando oyes hablar de Biotecnología, ¿Cuál de las siguientes opciones consideras más importante? (Marca dos opciones)
- Clonación
 - Células madre
 - Biocombustibles
 - Medicina regenerativa
 - Industria farmacéutica (vacunas)
 - Alimentos transgénicos
 - Conservación del medio ambiente
 - Biorremediación
 - Alimentación
8. ¿Conoces alguna aplicación de la Biotecnología tradicional? ¿Cuál?
9. ¿Qué importancia tiene la Biotecnología en la sociedad actual?
- Poco importante 1 2 3 4 Muy importante
10. Justifica la respuesta anterior
11. ¿Te gustaría tener más conocimientos sobre Biotecnología?
12. Indica algunas aplicaciones relacionadas con la Biotecnología que tengan trascendencia en tu vida diaria
13. Si has estudiado antes algo sobre Biotecnología, ¿crees que los temas que has visto son actuales? SÍ / NO
14. ¿Conoces los problemas éticos relacionados con algún ámbito de la biotecnología como la clonación humana, el uso de alimentos transgénicos o las células madre? SÍ / NO
15. En caso de responder afirmativamente a la anterior pregunta, indica qué problemas conoces
16. ¿En qué otras asignaturas podrían tratarse temas relacionados con la Biotecnología?
17. Señala todas las fuentes que utilizas para informarte sobre temas relacionados con la biotecnología (Respuesta múltiple)
- Las clases de Biología del instituto
 - Libros
 - Wikipedia
 - Youtube
 - TikTok
 - Instagram
 - Twitter

- h. Diarios o revistas
- i. Artículos científicos de revistas especializadas
- j. Research Gate
- k. Otro: _____

18. ¿Conoces y/o sigues algún divulgador o divulgadora que hable sobre temas de biotecnología? Si es así, escribe su nombre y la plataforma en la que se encuentra su contenido:

